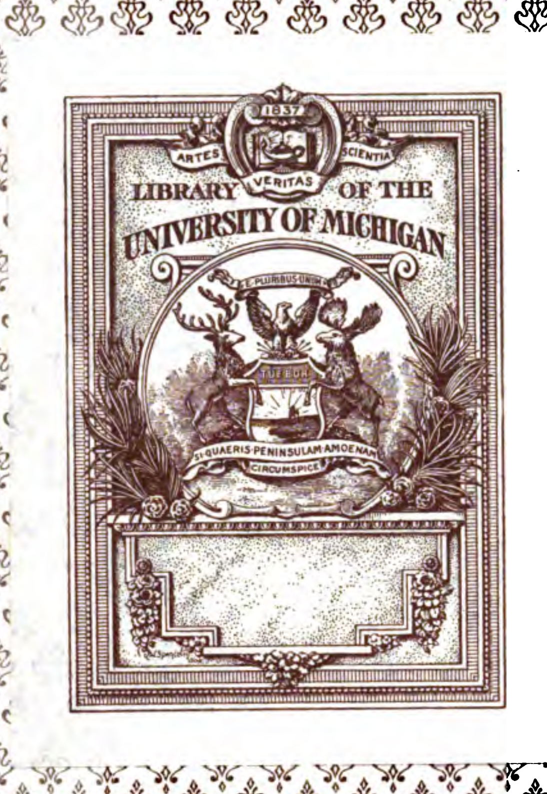
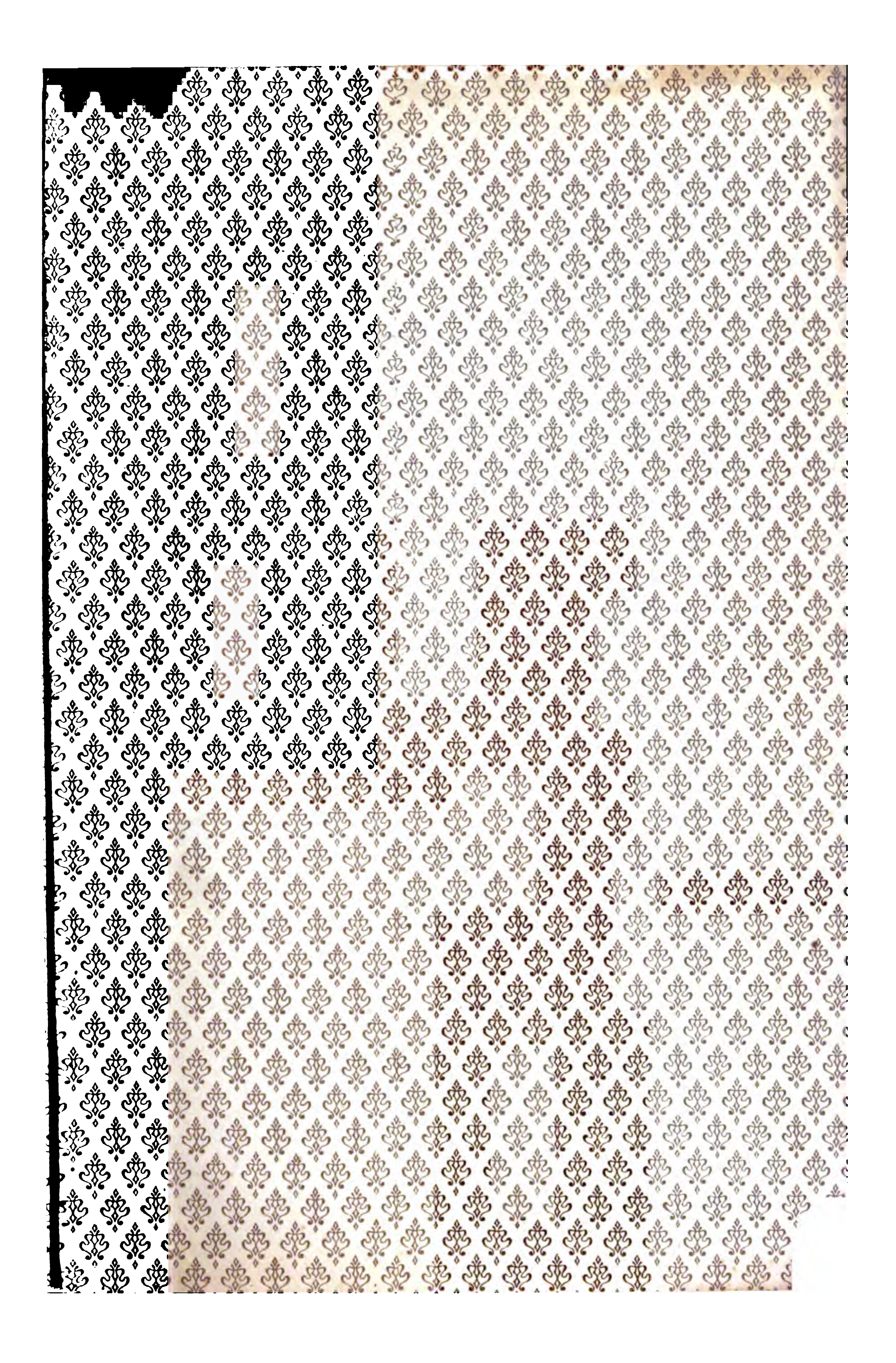

B 822,734


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



PSYCHOLOGIE

DER

NIEDERSTEN TIERE

EINE UNTERSUCHUNG ÜBER DIE ERSTEN SPUREN
PSYCHISCHEN LEBENS IM TIERREICHE

VON

DR. FRANZ LUKAS
K. K. PROFESSOR IN WIEN



WIEN UND LEIPZIG
WILHELM BRAUMÜLLER
K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER
1905

Druck von Rudolf M. Rohrer in Brünn

Vorwort.

Diese Arbeit hat die Aufgabe, das Seelenleben der niederen Tiere und damit die Anfänge des Seelenlebens überhaupt zu erforschen. Es handelt sich dabei nicht nur darum, festzustellen, wo beiläufig, auf welcher Stufe des Tierreiches das erstemal psychisches Leben auftritt, sondern auch warum es gerade an dieser Stelle eingreift und welcher Art diese ersten Spuren seelischen Lebens sind.

Ich habe die Untersuchung auf die vier niedersten Stämme des Tierreiches, auf die Urtiere, Schlauchtiere, Stachelhäuter und Würmer beschränkt, weil ich eben schon bei diesen Tieren die Anfänge seelischen Lebens, um die es sich hauptsächlich handelte, fand. Die vorliegende Arbeit bildet ein für sich abgeschlossenes Ganzes. Es ist jedoch möglich, daß ich diese Untersuchungen fortsetze und in einer zweiten Arbeit die übrigen Wirbellosen und in einer dritten die Wirbeltiere behandle. Dann gälte die vorliegende Arbeit als der I. Teil einer vollständigen Tierpsychologie.

Ich habe die Arbeit auf eine breite Grundlage gestellt. Da sie nämlich nicht nur für Naturforscher, sondern auch für Psychologen und Freunde des Tierlebens bestimmt ist, habe ich die Abschnitte über den Körperbau und die Lebenserscheinungen der Tiere so ausführlich besprochen, daß sich auch derjenige, der kein Naturforscher ist, ein Bild von der Höhe der körperlichen Entwicklung und den Lebenserscheinungen und auf Grund dieses Bildes auch ein Urteil über meine Ansichten von dem Seelenleben dieser Tiere machen kann.

In den Abschnitten über die Anatomie und Biologie der Tiere folge ich den Arbeiten anderer Autoren. Eigene ausführliche Ver-

suche mit niederen Tieren habe ich nur wenige angestellt; zu Versuchen in größerer Anzahl fehlte mir die Gelegenheit. Auch wäre ein einzelner Mensch gar nicht imstande gewesen, Versuche in der Menge, wie ich sie gebraucht habe, selbst anzustellen. Ich war also naturgemäß auf die Arbeiten anderer angewiesen, aber soweit es mir möglich war, habe ich teils im Freien, teils in verschiedenen Aquarien selbst Beobachtungen und auch eine Anzahl Kontrollversuche gemacht, und ich habe nicht einfach exzerpiert und kompiliert, sondern mir über die Bedeutung des Nervensystems und der Sinnesorgane sowie der Lebenserscheinungen sowohl an und für sich in rein naturwissenschaftlicher Beziehung als auch für das psychische Leben der Tiere ein selbständiges Urteil gebildet. Die Abschnitte über die Lebenserscheinungen werden auch für den Naturforscher Wert haben, denn eine übersichtliche und vollständige Zusammenstellung des Stoffes in der Art, wie ich sie biete, gibt es meines Wissens nicht.

In den Abschnitten über das Seelenleben der Tiere gehe ich vollkommen selbständig, ohne jede vorgefaßte Meinung und ohne im vorhinein schon ein bestimmtes Ergebnis gewünscht zu haben, vor. Die Ansichten anderer zu berücksichtigen, bot sich mir leider recht selten Gelegenheit, weil ich nur sehr wenige brauchbare Vorarbeiten fand, zwar hie und da zerstreut in biologischen und physiologischen Abhandlungen einzelne gute Bemerkungen, aber Arbeiten mit dem bestimmten Zweck, das Seelenleben ganzer Abteilungen der niederen Tiere zu besprechen, äußerst wenige. Eine umfassende Arbeit vollends, wie die vorliegende, besteht meines Wissens nicht.

Da ich von vornherein darauf bedacht sein mußte, daß die Arbeit nicht gar zu breit werde, ist es wohl berechtigt, daß ich der Begründung meiner eigenen Ansichten den größeren Teil des Raumes gewährte, von den Ansichten anderer aber hauptsächlich jene ausführlicher besprach, die Gegenteiliges behaupten. Die Ansichten jener, die im einzelnen zu ähnlichen Ergebnissen wie ich gelangten, habe ich zwar überall erwähnt, ausführlicher besprochen

jedoch nur dort, wo es zur Begründung meiner eigenen Ansichten notwendig war.

Da die Frage, ob den niederen Tieren überhaupt seelisches Leben zukommt, gerade gegenwärtig vielfach erörtert wird, glaube ich mit meiner Arbeit einem Bedürfnisse entgegen zu kommen und somit, wenn ich auch nicht überall das Richtige getroffen haben sollte, eine freundliche Aufnahme zu finden.

Inhalt.

EINLEITUNG.

Über die Aufgaben und Methoden der Tierpsychologie.

Die Aufgaben und Methoden der Tierpsychologie ergeben sich aus ihrem Verhältnis zur Psychologie des Menschen. Da wir bei Tieren nur Seelenerscheinungen solcher Art erkennen können, die wir in uns selbst haben, ist die Psychologie des Menschen die notwendige Voraussetzung für die Möglichkeit einer Tierpsychologie. Solange nämlich 1. unser eigenes Seelenleben nur mangelhaft erforscht ist, wird es auch das Seelenleben der Tiere bleiben und 2. wer das Seelenleben der Tiere erforschen will, muß die Aufgaben, Methoden und Ergebnisse der Psychologie des Menschen kennen. Dieses Abhängigkeitsverhältnis der Tierpsychologie von der des Menschen läßt nun freilich leicht den Gedanken aufkommen, daß die Tierpsychologie einzig und allein im Dienste der Psychologie des Menschen steht und daß das Seelenleben der Tiere nur soweit Interesse hat, als es geeignet ist, uns Aufschluß über das Seelenleben des Menschen zu geben. Das ist jedoch ein beschränkter Standpunkt, der nur eine teilweise Berechtigung hat. Berechtigt ist es, wenn die Ergebnisse der objektiven und experimentellen Beobachtung an Tieren, z. B.. solcher, die mit operativen Eingriffen in den Körper verbunden sind und sich nur an Tieren anstellen lassen, zur Erklärung des menschlichen Seelenlebens verwertet werden. Aber unberechtigt ist es, wenn man darin die einzige Aufgabe der Tierpsychologie erblickt. Geradeso wie alle Einzelarbeiten auf dem Gebiete der biologischen Wissenschaften ihr Gesamtziel in der Gewinnung einer allgemeinen Entwicklungsgeschichte des organischen Lebens haben, so müssen auch die Tier- und Menschenpsychologen aus ihrer gegenseitigen Isolierung heraustreten und auf das gemeinsame Ziel, die allgemeine Entwicklungsgeschichte des seelischen Lebens, hinarbeiten.

Die Tierpsychologie hat also nicht eine von der des Menschen gänzlich verschiedene Aufgabe; die Verschiedenheit liegt nur im Gegenstand, an dem die zu beschreibenden Seelenerscheinungen beobachtet werden; das Ziel aber, Erkenntnis des Seelenlebens in seiner Entwicklung von den ersten Spuren seelischen Lebens bei den niederen Tieren bis zu seiner höchsten Entfaltung beim Kulturmenschen, ist ein gemeinschaftliches. Daß zu dieser gemeinsamen Aufgabe die Psychologie des Menschen bisher mehr beigetragen hat als die der Tiere, entspricht der Natur der Sache und ist von Vorteil für die Erreichung des gemeinsamen Zieles. Es entspricht der Natur der Sache, weil ja unser eigenes Seelenleben uns Menschen naturgemäß mehr interessiert als das der Tiere und also auch früher und öfter Gegenstand eingehender Untersuchungen geworden ist. Es ist auch von Vorteil für das Erreichen des gemeinsamen Zieles, weil die Gewinnung fester Grundansichten über das Seelenleben des Menschen die notwendige Voraussetzung für unsere Auffassung vom Seelenleben der Tiere ist. Aber doch sind für den Aufbau einer entwicklungsgeschichtlichen Tierpsychologie schon einzelne Bausteine da, allerdings sehr zerstreut in naturwissenschaftlichen, hauptsächlich biologischen und physiologischen Arbeiten, so daß es notwendig ist, das Zerstreute zu sammeln und zu einem einheitlichen Ganzen zu verarbeiten. Und diese Arbeit durchzuführen, soweit sie sich auf die Anfänge des Seelischen im Tierreiche bezieht, ist ja auch zum Teil der Zweck unserer Arbeit.

Bei tierpsychologischen Arbeiten muß man sich vor zwei Extremen hüten. Die ältere Richtung der Tierpsychologie ist in das eine Extrem verfallen, nämlich fast alle Lebenserscheinungen der Tiere als bewußt zu erklären und den höheren menschlichen Seelentätigkeiten, namentlich der Intelligenz, einen möglichst großen Spielraum zu gewähren. In den neueren Arbeiten auf dem Gebiete der Tierpsychologie zeigt sich vielfach das andere Extrem, nämlich die niederen Tiere als Reflexmechanismen zu erklären und Seelenerscheinungen überhaupt nur den höheren Tieren zuzusprechen. Diese letztere Richtung hat einen höheren wissenschaftlichen Wert und hat auch wirklich eine Reihe sehr beachtenswerter Arbeiten zutage gefördert; aber den niederen Tieren Seelenleben von vornherein abzusprechen und von diesem Gesichtspunkte aus die Erscheinungen des Tierlebens zu beurteilen, ist nicht objektiv. Wenn eine genaue Erwägung aller Umstände, die dabei in Betracht kommen, uns zur

Annahme nötigt, daß gewisse Lebensäußerungen der Tiere der Ausdruck psychischer Erscheinungen sind, dann müssen wir es eben offen aussprechen, ohne Rücksicht darauf, daß wir ein anderes Ergebnis erwartet und gewünscht hätten.

Es ist die Frage aufgeworfen worden, ob Tierpsychologie überhaupt möglich ist und eine Gruppe von Physiologen (Beer, Bethe, Uexküll) spricht ihr jede Daseinsberechtigung ab. Sie betrachten es als das Endziel der Physiologie, die biologischen Vorgänge auf rein physikalische oder chemische Vorgänge zurückzuführen und verlangen, daß man nicht mehr von Tierpsychologie, sondern bloß von Nervenphysiologie rede.[1])

Die Physiologen haben recht, wenn sie den Versuch unternehmen, ihre Wissenschaft von der Psychologie zu trennen. Die Grenzen der Wissenschaften auseinanderzuhalten, ist eine berechtigte Forderung, die schon Kant aufgestellt hat. Aber ist schon die sprachliche Trennung der Physiologie von der Psychologie ein sehr schwieriges Unternehmen, so ist es noch mehr die sachliche Trennung. Denn für den Physiologen steht nach Hering ein bestimmtes psychisches Phänomen in einer notwendig gedachten Beziehung zu einem bestimmten materiellen Vorgang und umgekehrt letzterer in einer notwendig gedachten Beziehung zu ersterem, so daß also „bestimmtes psychisches Phänomen“ und „bestimmter materieller Vorgang“ Korrelata sind, die sich nicht trennen lassen. Wenn es auch möglich ist, von dieser notwendigen Beziehung zeitweilig abzusehen und nur das Materielle zum Gegenstand der Untersuchung zu machen, und wenn auch der Physiologe im strengen Sinne des Wortes dies tun und sich nur physiologischer Fachausdrücke bedienen sollte, so ist dies in Wirklichkeit nicht ausnahmslos durchführbar, weil der Physiologe immer wieder gezwungen wird, sich auch mit den psychischen Vorgängen zu beschäftigen und auch psychologische Fachausdrücke zu gebrauchen.[2])

Und selbst wenn es gelingen sollte, die Physiologie von der

[1]) Uexküll, Über die Stellung der vergleichenden Physiologie zur Hypothese der Tierseele, Biolog. Zentralblatt, XX., 1900, S. 497—502; Uexküll, Im Kampfe um die Tierseele, Wiesbaden 1902. — Gegen diese Auffassung wendet sich Wasmann in mehreren Aufsätzen im Biolog. Zentralblatt, XX.—XXIII., 1900—1903.

[2]) Fast wörtlich nach Hering, Sprachliche Trennung der Physiologie von der Psychologie, Biolog. Zentralblatt, XXIII., 1903, S. 347—352.

Psychologie vollständig zu trennen und die Reihe sämtlicher Lebenserscheinungen eines Tieres oder eines Menschen vom Anfange bis zum Ende auf eine lückenlose Reihe materieller Vorgänge zurückzuführen, so wären damit die Seelenerscheinungen eben dieses Tieres oder dieses Menschen nicht aus der Welt geschafft. Die Wirklichkeit der Tatsache, daß ich selbst Psychisches erlebe, ist von der Erforschung der entsprechenden materiellen Vorgänge ganz und gar unabhängig. Ob es jemals gelingen wird, die Gehirnvorgänge zu erforschen oder nicht, die psychischen Vorgänge sind da und die Psychologie hat somit ihre Daseinsberechtigung unabhängig von der Physiologie. Es fragt sich nur, ob wir psychische Erlebnisse derselben Art wie wir sie haben, auch anderen lebenden Wesen zusprechen dürfen. Stellt man sich auf den erkenntnistheoretischen Standpunkt des Solipsismus, dann allerdings haben nur meine eigenen Seelenerscheinungen Wirklichkeit. Daß auch andere Menschen empfinden, denken, fühlen und begehren wie ich, ist von diesem Standpunkt aus eine bloße Annahme, die sich nicht mit voller Gewißheit beweisen läßt. Aber wir halten die Wahrscheinlichkeit dafür, daß auch andere Menschen Seelenerscheinungen derselben Art wie wir selbst haben, für so groß, daß wir mit ihr ohneweiters wie mit voller Gewißheit rechnen und unser ganzes Leben danach einrichten. Ohne diese Annahme wäre ein Verkehr unter Menschen gar nicht möglich. Ist nun der Analogieschluß von meinem eigenen Seelenleben auf das meiner Mitmenschen als Wahrscheinlichkeitsschluß gestattet, so ist es auch der Schluß von meinem eigenen Seelenleben auf das der Tiere. Allerdings wird dieser Schluß, je mehr wir uns in der Reihe der Tiere von uns selbst entfernen, immer schwieriger, aber er ist ebenso berechtigt, wie der Schluß von mir selbst auf meine Mitmenschen. Dagegen läßt sich logisch und erkenntnistheoretisch nichts einwenden, nur darf man nie vergessen, daß sich durch einen solchen Analogieschluß keine volle Gewißheit, sondern nur Wahrscheinlichkeit erlangen läßt.[1])

Die Forschungsmethoden der Tierpsychologie können keine anderen sein als die der Psychologie des Menschen, nämlich Beob-

[1]) Über die Zulässigkeit dieses Analogieschlusses in der vergleichenden Psychologie vgl. M. Verworn, Psycho-physiologische Protisten-Studien, Jena 1889; Forel, Monismus und Psychologie, Polit.-anthropol. Revue, II., Heft 1; Wasmann, Die monistische Identitätslehre und die vergleichende Psychologie, Biolog. Zentralblatt, XXIII., 1903, S. 545—556; u. a.

achtung und Versuch. Von den beiden Arten der Beobachtung, die beim Menschen angewendet werden, nämlich der Beobachtung an sich selbst und an anderen, ist die erste Art bei Tieren ausgeschlossen; die Seelenerscheinungen der Tiere können wir nicht unmittelbar beobachten. Also Erfahrungswissenschaft in demselben Sinne wie die Psychologie des Menschen, nämlich gegründet auf unmittelbare Selbstbeobachtung, kann die Tierpsychologie nie werden; aber was wir an uns selbst beobachtet haben, das können wir, wenn ausreichende Gründe dafür da sind, auch auf die Tiere übertragen. Die wichtigste Erkenntnisquelle für die Psychologie des Menschen, die Selbstbeobachtung eigener psychischer Zustände, kommt also auch der Tierpsychologie zugute. Allerdings ist die Möglichkeit vorhanden, daß die Tiere Seelenerscheinungen ganz anderer Art haben als wir, vielleicht Empfindungen von magnetischen, elektrischen oder atmosphärischen Reizen; es ist auch möglich, daß die Tiere andere noch einfachere Erscheinungen haben als wir. Aber von derartigen hypothetischen Seelenerscheinungen der Tiere werden wir nie etwas erfahren, weil wir sie in uns selbst nicht beobachten können. Die Frage lautet also nicht: Was haben die Tiere für Seelentätigkeiten, sondern: Welche von den Seelentätigkeiten, die wir an uns selbst beobachten, kommen auch den Tieren zu? Einzig und allein die Ergebnisse der Beobachtung an uns selbst bilden die Grundlage nicht bloß der Psychologie des Menschen, sondern indirekt auch der Tiere. Aber die eigentliche Methode der Tierpsychologie ist doch die Beobachtung an Tieren selbst und der Versuch. Nun aber entsteht eine wichtige Frage, die Grundfrage der ganzen Tierpsychologie: Auf welche Erscheinungen des tierischen Lebens soll sich unsere Beobachtung erstrecken oder mit anderen Worten, wie erkennen wir das Psychische in den Tieren?

Untrügliche Erkennungszeichen, Kriterien des Psychischen in Tieren gibt es nicht, wir müssen uns mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit begnügen.[1]) Dafür stehen uns drei Mittel zu Gebote:

---

[1]) Ich habe mich deshalb auf eine Untersuchung über die Kriterien des Psychischen, die von verschiedenen Autoren aufgestellt wurden (wie z. B. die freie Wahl von Romanes, das assoziative Gedächtnis von Loeb und Bethe) und die vielfach sogar in philosophische und psychologische Abhandlungen Aufnahme gefunden haben, nicht eingelassen. Die Beobachtungen jedoch, auf Grund deren jene Forscher zu ihren Kriterien gelangten, habe auch ich verwertet.

1. Aus eigener Erfahrung an uns selbst wissen wir, daß die Tätigkeit gewisser Organe mit psychischen Erscheinungen verbunden ist. Finden wir nun bei Tieren Organe derselben Art, so liegt ein Schluß auf psychische Erscheinungen derselben Art wie bei uns nahe, ein Schluß, den wir im täglichen Leben tausendmal machen, wenn wir unseren Mitmenschen mit denselben Sinnesorganen auch dieselben Sinnesempfindungen, wie wir selbst sie haben, zuschreiben und nun, ohne auch nur an die Möglichkeit eines Fehlschlusses zu denken, als gewiß annehmen, daß derselbe äußere Reiz, den wir als rot oder süß oder hart empfinden, auch von unseren Mitmenschen als rot oder süß oder hart empfunden wird. Ein Schluß, der in seiner Anwendung auf Tiere als unvollständiger Analogieschluß doch nur Anspruch auf Wahrscheinlichkeit erheben darf, und zwar auf um so geringere, je mehr der Körperbau der Tiere von unserem eigenen abweicht. Dazu kommt noch, daß es einerseits Nervenvorgänge ohne Bewußtsein gibt, z. B. die, von denen die Reflexbewegungen ausgelöst werden, anderseits Bewußtseinsvorgänge, für die wir wenigstens jetzt noch keine physiologischen Parallelvorgänge angeben können, wie z. B. für die Art und Weise, wie wir unsere Empfindungen in Raum und Zeit zusammenordnen. Nerven- und psychische Vorgänge in uns selbst decken sich also nicht vollständig und wir wissen nicht, ob nicht etwa diese Inkongruenz bei Tieren größer oder kleiner ist als bei uns. Auch verliert dieses Erkennungsmittel des Psychischen an Wert in der absteigenden Stufe des Tierreiches. Zwar legt uns der psychophysiologische Parallelismus im Menschen den Schluß nahe, daß mit der geringeren Entwicklung des Nervensystems bei Tieren auch eine geringere Höhe des psychischen Lebens verbunden sein wird; aber einerseits können wir nicht von vornherein behaupten, daß mit dem ersten Auftreten von Nerven auch schon die ersten Anfänge des psychischen Lebens gegeben sind und anderseits ist es ja möglich, daß Bewußtsein auch ohne Nerven, also schon in den niedrigsten Organismen, den Urtieren, vorhanden ist.

Auch die Erwägung der Frage, ob sich in den Tieren Nervenvorgänge derselben Art wie jene, die in uns mit Bewußtsein verbunden sind, abwickeln, wäre wichtig, denn das Vorkommen solcher Nervenvorgänge auch in Tieren wäre eine bedeutende Stütze für den Analogieschluß von unserem Bewußtsein auf das der Tiere. Allein wir kennen die Nervenvorgänge weder in uns noch in den

Tieren, wir kennen nicht einmal die Zusammensetzung und Struktur der Nervenmasse und sind somit nicht imstande, auf jene Frage auch nur mit einer Vermutung zu antworten. [1])

2. Ein zweites Erkennungsmittel des Psychischen bei Tieren sind deren Lebenserscheinungen und unter diesen insbesondere die Bewegungen als objektive Äußerungen subjektiver psychischer Zustände. Wir kennen unsere eigenen Bewegungen und die sie veranlassenden psychischen Zustände; beobachten wir nun solche Bewegungen an anderen Organismen, so schließen wir auch auf psychische Zustände derselben Art, ein Schluß, den wir im Verkehr mit unseren Mitmenschen täglich anwenden. Wird dieser Schluß noch unterstützt durch die Ähnlichkeit des tierischen Organismus mit dem menschlichen, so ist die Wahrscheinlichkeit für das Vorhandensein von Bewußtsein beim Tiere um so größer. Sehen wir z. B., daß der Star aus den reifen und unreifen Kirschen am Baume gerade die roten reifen heraussucht und finden wir, daß sein Auge in der Hauptsache so gebaut ist wie unseres, so werden wir mit um so größerer Wahrscheinlichkeit schließen können, daß der Vogel das Vermögen der Farbenunterscheidung hat. Aber doch müssen wir daran festhalten, daß der Schluß von ähnlichen Lebenserscheinungen auf Bewußtseinserscheinungen wie bei uns als Analogieschluß doch nur Anspruch auf Wahrscheinlichkeit erheben darf, denn einerseits äußern sich psychische Zustände derselben Art in verschiedenen Bewegungen, wie z. B. das verschiedene Verhalten der Menschen bei einer plötzlich hereinbrechenden Gefahr beweist; anderseits entspringen Bewegungen derselben Art aus verschiedenen psychischen Ursachen, wie z. B. das reflektorische Zusammenfahren des Körpers sowohl beim plötzlichen Erschrecken als auch bei freudiger Überraschung. Dazu kommt noch, daß nicht jeder psychische Zustand sich in einer sichtbaren Bewegung äußert (z. B. die Vorgänge des

[1]) Hier hat die Nervenphysiologie ein weites noch wenig erforschtes Gebiet der Untersuchung. Uexküll erklärt in seiner schon erwähnten Schrift „Im Kampfe um die Tierseele“ die vergleichende Physiologie als die Todfeindin der vergleichenden Psychologie und meint, der Streit zwischen beiden Wissenschaften müsse mit der Vernichtung einer der beiden Kämpfenden enden. Die vergleichenden Psychologen teilen dieses Gefühl der Feindschaft nicht, im Gegenteil, sie wünschen der vergleichenden Physiologie volles Gedeihen und erhoffen davon für ihre Wissenschaft nicht die Vernichtung, sondern manche Förderung.

Denkens) und nicht jeder Bewegung ein psychischer Zustand entspricht. Diese letztere Tatsache mahnt uns zu ganz besonderer Vorsicht. Die bloße äußere Beobachtung einer Bewegung läßt von vornherein eine Entscheidung darüber, ob sie aus bewußter Veranlassung erfolgt ist, gar nicht zu. Viele Bewegungen, die rein passiv erfolgen, sogar solche von leblosen Gegenständen, erscheinen uns als willkürlich und erzeugen Täuschungen, wie wenn man z. B. ein von der bewegten Luft hin und her geführtes Stückchen weißen Papieres für einen Schmetterling hält. Und auch von den Bewegungen organischer Wesen machen viele, die rein reflektorisch ohne Bewußtsein erfolgen, auf uns den Eindruck willkürlicher Bewegungen. Wie sollen wir nun erkennen, ob die beobachtete Bewegung bewußt oder unbewußt ist?

Die Bewegungen werden eingeteilt in willkürliche und unwillkürliche, je nachdem sie durch einen bestimmten Willensentschluß veranlaßt werden oder nicht. Bei den willkürlichen Bewegungen geht die Absicht, eine bestimmte Bewegung auszuführen und damit auch die Vorstellung von dieser Bewegung der Bewegung selbst voraus; sie hat also immer einen psychischen Vorgang zur Voraussetzung. In ihrem äußeren Verhalten haben sie zwei der Beobachtung zugängliche Merkmale, die es leicht ermöglichen, solche Bewegungen bloß nach dem äußeren Verhalten als willkürlich zu erkennen: 1. Ihr Ablauf erfolgt nicht immer in derselben Weise, sondern bald langsam, bald schnell, bald nach dieser, bald nach jener Richtung, je nachdem diese oder jene Muskelgruppen in Tätigkeit geraten; 2. eben dieser Wechsel im Ablauf der Bewegung bringt es mit sich, daß sie leicht den wechselnden Bedürfnissen des Augenblicks angepaßt werden können und also ihren Zweck erreichen; sie sind für einen bestimmten gerade in Betracht kommenden Fall, also individuell zweckmäßig. Und wo wir bei Tieren Bewegungen beobachten, deren Ablauf nicht immer in derselben Weise, sondern in verschiedener Abwechslung erfolgt und die individuell zweckmäßig sind, da werden wir, wenn sonst kein Hindernis vorhanden ist, per analogiam nach uns selbst schließen können, daß es willkürliche mit bewußter Absicht ausgeführte Bewegungen sind.

Die unwillkürlichen Bewegungen haben zum Teil eine psychische, zum Teil eine physische Veranlassung. Die ersteren sind die sogenannten Ausdrucksbewegungen. Hierher gehören die körper-

lichen Äußerungen der Affekte, das Ballen der Fäuste im Zorn, das Emporziehen der Lippen und Zeigen der Zähne in der Wut; ferner viele mimische und physiognomische Bewegungen als äußere Zeichen innerer Vorgänge, ferner Weinen, Lachen und gewisse Ausrufe als äußere Begleiterscheinungen von Gefühlen u. v. a. Solchen Bewegungen geht keine bestimmte Absicht, auch keine Vorstellung der Bewegung selbst voraus; sie erfolgen also zwar unwillkürlich, aber sie sind der äußere Ausdruck innerer psychischer Vorgänge und heißen deshalb ganz passend Ausdrucksbewegungen. Der Ablauf dieser Bewegungen zeigt keinen Wechsel, er erfolgt immer in derselben monotonen Weise. Diese Bewegungen dienen auch nicht einem augenblicklichen individuellen Bedürfnisse, sondern sie sind anscheinend zwecklos, bei uns Menschen wenigstens. Bei Tieren ist es freilich oft anders. Katzen, Hunde und Affen z. B. zeigen, wenn sie gereizt werden, die Zähne gerade wie der Mensch, wenn er in der Wut ist. Bei Tieren aber ist diese Bewegung eine zweckmäßige Vorbereitung zum Angriff. Hier also ist die Bewegung nicht nur monoton wie beim Menschen, sondern sie ist auch generell zweckmäßig, sie gewinnt ganz den Charakter einer durch den Anblick des Feindes von selbst ausgelösten Reflexbewegung. Beim Menschen jedoch fällt der Zweck weg, die Bewegung aber als Ausdruck und Begleiter des Affektes, den der Anblick des Feindes erregt, hat sich erhalten. Wenn nun auch die Ausdrucksbewegungen unbewußt und unbeabsichtigt erfolgen, so sind sie doch Äußerungen psychischer Erscheinungen und wo wir bei Tieren in die Lage kommen, Bewegungen als Ausdrucksbewegungen zu erklären, da müssen wir natürlich vorher schon das Vorhandensein von Bewußtseinserscheinungen eben als Ursache dieser Bewegungen erkannt haben.

Wenn die unmittelbare Veranlassung der Bewegung ein physischer Vorgang ist, so können wir zunächst unterscheiden, je nachdem dieser Vorgang ein außerhalb oder innerhalb des Körpers liegender ist. Zu den letzteren gehören z. B. die Atmungsbewegungen, Herzbewegungen, Zusammenziehung der Gefäßmuskulatur, der Darmmuskeln u. dgl. Man bezeichnet solche Bewegungen als automatische, d. h. als solche, die scheinbar ohne alle Veranlassung ganz von selbst erfolgen. In Wirklichkeit erfolgen sie nicht von selbst, sondern die Veranlassung dazu liegt in den das Leben begleitenden Vorgängen im Körper selbst. In bezug auf den Ablauf sind diese Bewegungen entweder regelmäßig, rhythmisch,

d. h. Zusammenziehung und Erschlaffung der betreffenden Muskeln wechseln regelmäßig ab, wie bei den Atmungs- und Herzbewegungen, oder tonisch, wenn die Zusammenziehung mehr oder weniger gleichmäßig längere Zeit anhält, wie bei der Zusammenziehung der Gefäßmuskeln, oder unregelmäßig, wie bei den peristaltischen Bewegungen des Darmes. Ihrer Bedeutung nach sind diese Bewegungen generell zweckmäßig, d. h. sie dienen nicht dem wechselnden Bedürfnis des Augenblicks, sondern allgemeinen, nicht abweisbaren Bedürfnissen und sie erreichen diesen Zweck im allgemeinen auch. Sie beginnen unmittelbar nach der Geburt und dauern während des ganzen Lebens fort. Ja, bei Organen, welche die dazu nötigen körperlichen Einrichtungen in sich selbst haben, wie das Herz und der Darm, dauern nach Versuchen bei Tieren diese Bewegungen noch fort, wenn die betreffenden Organe aus dem Körper herausgeschnitten worden sind. Automatische Bewegungen kommen schon bei den niedersten Tieren vor, so z. B. die periodischen Bewegungen der Mundwimpern bei den Ciliaten, der pulsierenden Vacuolen u. a. Ebensowenig wie bei uns selbst werden wir automatische Bewegungen bei den Tieren als Äußerungen des Bewußtseins betrachten dürfen.

Eine zweite Gruppe von unwillkürlichen, durch innere physische Reize ausgelösten Bewegungen sind die Impulsivbewegungen. Sie werden nach Preyer ohne vorherige peripherische Erregung ausschließlich durch die in den motorischen Zentren niedrigster Ordnung stattfindenden nutritiven und sonstigen organischen Prozesse verursacht.[1]) Die Veranlassung ist also ähnlicher Art wie für die automatischen Bewegungen; aber sie treten nur einmal oder in unregelmäßigen Zwischenräumen auf und sind dem Anscheine nach zwecklos, d. h. wir können einen bestimmten Zweck nicht angeben. Hierher gehören z. B. die Bewegungen der Gliedmaßen beim menschlichen Embryo oder beim neugeborenen Kinde. Wir können derartige Bewegungen auch bei niederen Tieren in großer Zahl beobachten.[2]) Da die innere Veranlassung dieser Bewegungen sich der Beobachtung entzieht, machen sie ganz den Anschein willkürlicher, spontaner Bewegungen. Viele Ciliaten z. B. laufen mit ihren Wimpern wie mit Füßchen auf der Unterlage umher, sie machen Halt und

---

[1]) Preyer, Das Seelenleben des Kindes; 4. Aufl. S. 155.

[2]) M. Verworn, Psycho-physiologische Protisten-Studien, Jena 1889, S. 140 f.

wenden sich wie mit bewußter Absicht. Untersucht man aber den Ablauf dieser Bewegungen etwas genauer, so findet man, daß es entweder Reflex- oder Impulsivbewegungen sind. Auch die Zuckungen eines Stentor und die Springbewegungen einer Halteria, die beide in unregelmäßigen Zwischenräumen erfolgen, tragen den Charakter der Impulsivbewegungen an sich. Zwischen den in unregelmäßigen Zwischenräumen erfolgenden Impulsivbewegungen und den regelmäßigen, rhythmisch ablaufenden automatischen Bewegungen kann man bei Tieren eine große Anzahl von Zwischenstufen beobachten und mit Recht behauptet M. Verworn, daß aus diesen Impulsivbewegungen phylogenetisch die echten regelmäßig rhythmischen, automatischen Bewegungen hervorgegangen sind, indem die inneren Impulse regelmäßig periodisch eintreten und deshalb regelmäßig periodische Bewegungen erzeugen, wie z. B. die plötzlich und unregelmäßig auftretenden Schläge der Mundwimpern vieler Ciliaten vollständig rhythmisch periodisch erfolgen, wenn das Tier in die Wirbelbewegung übergeht. Ebensowenig wie die automatischen Bewegungen werden wir die impulsiven als von bewußten Parallelvorgängen begleitete Bewegungen betrachten dürfen.

Unwillkürliche und durch äußere Reize ausgelöste Bewegungen nennen wir Reflexbewegungen. Sie entstehen dadurch, daß ein äußerer Reiz, ohne erst einen Willensakt auszulösen, eine Zusammenziehung der lebenden Substanz und damit eine Bewegung verursacht. Das beobachten wir zunächst an uns selbst: Wenn unsere Hand, ohne daß wir es bemerken, einen heißen Gegenstand berührt, zieht sie sich sofort zurück, ohne daß dieser Bewegung ein Willensentschluß vorausgegangen wäre. Das Auge schließt sich beim Herannahen eines Gegenstandes, der es verletzen könnte, die Pupille verengert sich bei Belichtung. Ähnliche Bewegungen können wir auch schon bei niederen Tieren beobachten, z. B. die Pseudopodien einer Amöbe ziehen sich bei hinreichend starker Berührung zusammen. Solche Reflexe haben drei der Beobachtung zugängliche Merkmale, durch die sie sich von allen anderen Bewegungen leicht unterscheiden lassen, nämlich: 1. Sie werden durch einen wahrnehmbaren äußeren Reiz ausgelöst. 2. Sie beantworten jeden Reiz mit maschinenartiger Gesetzmäßigkeit immer in der gleichen Weise ohne die geringste Abweichung; ihr Ablauf ist monoton. Der Reiz kann verschieden sein: Berührung, Druck, Licht, Schall, der motorische Erfolg ist derselbe. 3. Sie

sind generell zweckmäßig. Der monotone gesetzmäßige Ablauf, den der Reflex infolge der Vererbung durch Jahrtausende hindurch angenommen hat, bringt es zwar mit sich, daß diese Bewegungen auch dann erfolgen, wenn sie ein- oder das anderemal dem Organismus keinen Nutzen, sondern sogar Schaden bringen. Wenn unserer Hand ein Gegenstand entfällt, so fährt die Hand unwillkürlich danach, um ihn noch zu erlangen. Im allgemeinen ist diese Bewegung zweckmäßig, denn sie führt dazu, den Gegenstand vor dem Hinabfallen zu bewahren. In besonderen Fällen jedoch kann die Bewegung schädlich sein, z. B. wenn der fallende Gegenstand ein spitziger ist und eine Verletzung der schnell zugreifenden Hand herbeiführt. Ähnlich ist es auch schon bei niederen Tieren. Die Zusammenziehung der Myoide (muskelartigen Gebilde) bei gewissen Wimperinfusorien hat im allgemeinen den für das Tier günstigen Erfolg, daß sie es aus dem Bereich einer schädlichen Reizquelle in den einer unschädlichen oder nützlichen bringt. In besonderen Fällen jedoch bringen sie das Tier aus dem Bereich einer schädlichen in den einer anderen schädlichen. Reflexe sind somit zwar nicht absolut unter allen Umständen, aber doch im allgemeinen, also generell zweckmäßig.

Obwohl nun aber Reflexe der vollkommensten Art immer monoton im Ablauf und generell zweckmäßig sind, gibt es doch auch Reflexe, die nicht oder eigentlich nicht mehr generell zweckmäßig sind. Es sind von den Vorfahren ererbte Bewegungen, die jedoch, wenn die Nachkommen in andere Lebensverhältnisse geraten, keine Bedeutung mehr haben, aber dennoch fortdauern. Solche Bewegungen laufen zwar monoton in der ererbten Weise ab, aber sie sind zwecklos geworden. Hierher gehören die sogenannten Mitbewegungen, die als unbeabsichtigte Begleiter anderer Bewegungen auftreten. Wir pressen unwillkürlich die Lippen aufeinander, wenn wir einen schweren Gegenstand heben, oder wir bewegen den linken Arm vom Körper hinweg, wenn wir mit dem rechten eine Last heben, wir bewegen die Hände beim Gehen. Solche Mitbewegungen treten auch schon bei niederen Organismen auf. Wenn z. B. ein Tentakel einer Aktinie gereizt wird, so bewegt sich nicht bloß dieser, sondern auch die benachbarten bewegen sich. Manche Mitbewegungen zeigen die Merkmale echter Reflexe, sie erfolgen monoton und sind generell zweckmäßig, indem sie, wie bei den Tentakeln der Aktinie, die Bewegung, die sie begleiten, unterstützen

und so den Erfolg verstärken; aber die generelle Zweckmäßigkeit tritt doch nicht bei allen Mitbewegungen so deutlich hervor wie bei den echten Reflexen, ja in manchen Fällen läßt sich ein Zweck für solche Bewegungen überhaupt nicht angeben, wie z. B. für die Mitbewegungen der Hand beim Gehen. Wahrscheinlich sind solche Bewegungen überflüssig gewordene, aber dennoch fortdauernde Reflexe.

Zusammengesetzte Reflexe unterscheiden sich von den einfachen entweder bloß im monotonen Ablauf oder auch in der physischen Veranlassung. Der physische Reiz kann qualitativ derselbe bleiben, aber die Bewegung wird komplizierter, wenn der Reiz mit zunehmender Stärke eine größere Anzahl von Muskeln in Bewegung setzt. Z. B. die Reizung der Fußsohle verursacht beim Menschen ein Zurückziehen des Fußes; wird der Reiz allmählich stärker, so wird nicht nur das ganze Bein, sondern auch noch der gleichseitige Arm, schließlich auch noch das andere Bein, der andere Arm und die Gesichtsmuskulatur in Bewegung gesetzt. Bei niederen Tieren, wie z. B. bei Haarsternen, gerät schließlich der ganze Körper in Bewegung und der Reiz verursacht somit ein scheinbar beabsichtigtes, in Wirklichkeit aber rein reflektorisches Fliehen des Tieres. Bewegungen dieser Art sind generell zweckmäßig und verlaufen im ganzen monoton, behalten also noch den rein reflektorischen Charakter. Tritt aber zum ursprünglichen Reiz noch ein zweiter oder dritter hinzu, dann wird auch die Bewegung komplizierter. Wird z. B. nach Auerbach[1]) beim enthaupteten Frosch die Brusthaut nacheinander bald an dieser, bald an jener Stelle geätzt, so folgen je nach der vom Reiz getroffenen Stelle auch verschiedene Bewegungen nacheinander. Solche Bewegungen zeigen keinen monotonen, sondern einen wechselnden Ablauf, aber mit den typischen Reflexen haben sie immer noch die Zweckmäßigkeit (in dem erwähnten Beispiele die Abwehr des Reizes) gemeinsam.

Unsere eigenen Reflexbewegungen erfolgen ohne psychische Veranlassung, wir werden daher Bewegungen der Tiere, die wir wegen der Veranlassung durch einen äußeren Reiz sowie wegen ihres monotonen Ablaufes und ihrer generellen Zweckmäßigkeit als Reflexe erkannt haben, auch nicht als bewußt betrachten dürfen.

Zeigen schon die komplizierten Reflexe der eben erwähnten Art durch die Abwechslung in ihrem Verlauf eine Abweichung von den

---

[1]) Auerbach, Zeitschrift f. klin. Medizin, VII., S. 452, 485 ff.

typischen Reflexen, so ist der Unterschied noch größer, wenn der ruhige Ablauf eines Reflexes durch neu hinzukommende Reize abgeändert wird. Wird z. B. einem Frosch das ganze Großhirn weggenommen, so hüpft er zwar reflektorisch fort, wenn er gestochen wird, aber er stößt überall an. Nimmt man ihm aber nicht das ganze Großhirn, sondern läßt man den Sehhügel unverletzt, so hüpft er nicht bloß fort, sondern weicht auch Hindernissen aus.[1]) Das Forthüpfen allein hat noch ganz den Charakter eines typischen Reflexes; der von dem Hindernis ausgehende Gesichtsreiz jedoch löst einen neuen Reflex aus, der den Ablauf der ursprünglichen Bewegung abändert. Ähnlich ist es auch beim Menschen. Wir gehen z. B. in Gedanken versunken auf der Straße. Die einzelnen Gehbewegungen werden unwillkürlich und unbeabsichtigt ausgelöst und doch weichen wir Hindernissen wie z. B. entgegenkommenden Personen richtig aus, ohne uns dadurch in unserem Gedankenlauf stören zu lassen und ohne uns des Hindernisses und der Abänderung in der Bewegung bewußt zu werden. Oder wir lesen, während unsere Gedanken ganz wo anders weilen, mit lauter Stimme die ganze Seite eines Buches herunter, ohne uns des Inhalts bewußt zu werden. Die wechselnden Erregungen des Auges durch die Buchstaben und Wörter lösen in fortwährendem Wechsel die Sprechbewegungen aus und doch werden uns weder die Erregungen des Auges noch die Sprechbewegungen bewußt, noch bringen uns die gesprochenen Worte den Inhalt des Gelesenen zum Bewußtsein, denn unser Bewußtsein war ja durch ganz andere Gedanken in Anspruch genommen, es war also für das Verständnis des Gelesenen ausgeschaltet. Goltz nennt diese Bewegungen Antwortbewegungen. Sie haben mit den bereits besprochenen, aus inneren Reizen erfolgenden automatischen Bewegungen viel Ähnlichkeit und machen auch wie diese leicht den Eindruck willkürlicher Bewegungen; in Wirklichkeit aber sind es doch nur sehr komplizierte Reflexe. Sie unterscheiden sich von den einfachen Reflexen dadurch, daß ihr Ablauf einen bunten Wechsel zeigt und daß sie ein großes Anpassungsvermögen an dazukommende Reize haben; durch das letztere Merkmal gewinnen sie den Anschein der individuellen Zweckmäßigkeit, aber in Wirklichkeit ist die durch den neuen Reiz aus-

[1]) Goltz, Beitr. z. Lehre v. d. Funktionen der Nervenzentren des Frosches, Berlin 1869, S. 65; Ziehen, Leitfaden der physiol. Psychologie; 4. Aufl., Jena 1898, S. 9 f.

gelöste Reflexbewegung ebenso generell zweckmäßig wie die ursprünglich angefangene. Auch bei niederen Tieren kommen derartige Antwortbewegungen vor, wie z. B. das Ausweichen vor Hindernissen bei kriechenden Seesternen oder bei mit Stecknadeln umgebenen Schlangensternen. Auch hier machen diese Bewegungen ganz den Eindruck willkürlicher Bewegungen, aber eine genauere Untersuchung zeigt, daß wir es doch nur mit Antwortbewegungen nach Art des Ausweichens beim Frosch zu tun haben. Aber um eben solche Bewegungen als Antwortbewegungen zu erkennen und sie deshalb als unbewußt zu erklären, wird es im jedem einzelnen Falle einer genauen Untersuchung bedürfen. Auch das wird zu beachten sein, daß sich die Antwortbewegungen entweder phylogenetisch aus echten Reflexen oder ontogenetisch aus willkürlichen Handlungen entwickelt haben. Tiere mit zweckmäßig arbeitendem Ausweichmechanismus hatten einen Vorteil gegenüber anderen, die den Nachteilen des Hindernisses ausgesetzt waren und konnten daher im Kampf ums Dasein leichter bestehen und ihren Mechanismus vererben, während Tiere ohne solchen Mechanismus ausstarben. Zwischen derartigen phylogenetisch erworbenen Antwortbewegungen und den Reflexen ist eigentlich gar kein Unterschied. Ontogenetisch entwickeln sich Antwortbewegungen aus willkürlichen Handlungen durch Übung. Anfangs ist noch der ganze Verlauf der Bewegung von Bewußtseinserscheinungen begleitet, später aber, wie beim Gehen, Lesen, Klavierspielen, ist nur der Anfang bewußt, die einzelnen späteren Bewegungen erfolgen unbewußt. Es wird also, wenn wir bei Tieren Antwortbewegungen treffen, zu unterscheiden sein, ob es phylogenetisch oder ontogenetisch erworbene sind; denn nur die ersteren kommen vollständig ohne Bewußtsein zustande.

Wie wir sehen, ist es wichtig, bei der Beobachtung und Beurteilung der Bewegungen darauf zu achten, ob ihr Ablauf gleichmäßig oder wechselnd und ob sie generell oder individuell zweckmäßig oder anscheinend zwecklos sind.

Bei den verschiedenen Arten von Bewegungen, die wir besprochen haben, zeigt sich folgendes:

1. Die willkürlichen Bewegungen sind wechselnd im Ablauf und individuell zweckmäßig; 2. die Ausdrucksbewegungen sind entweder monoton im Ablauf und generell zweckmäßig oder monoton und zwecklos; 3. die automatischen Bewegungen sind entweder monoton oder wechselnd im Ablauf und

generell zweckmäßig; 4. die Impulsivbewegungen sind wechselnd im Ablauf und zwecklos; 5. die einfachen und auch manche komplizierte Reflexe sind monoton und generell zweckmäßig; 6. die Mitbewegungen sind monoton und zwecklos oder monoton und generell zweckmäßig; 7. die meisten komplizierten Reflexe sind wechselnd im Ablauf und generell zweckmäßig; 8. die Antwortbewegungen sind wechselnd im Ablauf und scheinbar individuell, in Wirklichkeit aber generell zweckmäßig. Vergleichen wir die einzelnen Bewegungen, so sehen wir, daß das Merkmal des wechselnden Ablaufes sowohl den willkürlichen als auch manchen unwillkürlichen Bewegungen (den Impulsiv- und komplizierten Reflexbewegungen, manchen automatischen und manchen Antwortbewegungen) zukommt, daß es also für sich allein als ein Kennzeichen des Psychischen bei Tieren nicht anerkannt werden kann. Das Merkmal des monotonen Ablaufes kommt unbewußten Bewegungen (den Reflex-, Mit- und automatischen Bewegungen), aber auch solchen Bewegungen zu, die aus psychischen Ursachen entspringen (den Ausdrucksbewegungen); es gibt also für sich allein auch kein Kriterium des Psychischen ab. Das Merkmal der Zwecklosigkeit kommt sowohl unbewußten Bewegungen (den Impulsiv- und Mitbewegungen) als auch Bewegungen aus psychischen Ursachen (den Ausdrucksbewegungen) zu, ist also für sich allein gleichfalls kein Kriterium des Psychischen. Das Merkmal der generellen Zweckmäßigkeit kommt unbewußten Bewegungen (automatischen, einfachen und komplizierten Reflex-, Mit- und Antwortbewegungen) aber auch Bewegungen aus psychischer Veranlassung (Ausdrucksbewegungen) zu, ist also für sich allein ebenfalls kein Kriterium des Psychischen. Endlich das Merkmal der individuellen Zweckmäßigkeit kommt zwar nur den willkürlichen Bewegungen zu, aber die unwillkürlichen Antwortbewegungen erwecken auch den Anschein der individuellen Zweckmäßigkeit. Es wird deshalb genau zu untersuchen sein, ob die beobachtete individuelle Zweckmäßigkeit eine wirkliche oder eine bloß scheinbare ist und wo das erstere sich mit Sicherheit feststellen läßt, da ist ein Analogieschluß auf das Vorhandensein von Bewußtsein bei Tieren zulässig. Aber selbst da müssen wir uns gegenwärtig halten, 1. daß es nicht leicht ist, eine Bewegung mit Sicherheit als individuell zweckmäßig zu erkennen und daß somit leicht Täuschungen unterlaufen können; 2. daß der Analogieschluß von der

individuellen Zweckmäßigkeit der Bewegung auf das Vorhandensein von Bewußtsein eben als Analogieschluß doch nur Anspruch auf Wahrscheinlichkeit hat; 3. daß die individuell zweckmäßigen Bewegungen nicht die einzigen sind, die auf Bewußtsein schließen lassen, denn auch generell zweckmäßige und selbst zwecklose Bewegungen sind, wenn auch nicht selbst willkürlich, so doch Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge (nämlich der Ausdrucksbewegungen); endlich 4. daß selbst bei den ohne willkürliche Absicht ausgelösten und unbewußt ablaufenden Bewegungen gleich wie beim Menschen die Möglichkeit vorhanden ist, daß die Bewegung selbst oder der sie auslösende Reiz nachher bewußt wird.

Wir sehen somit, daß die Untersuchung der Lebenserscheinungen, soweit sich letztere an Bewegungen sichtbar machen, für sich allein ebensowenig wie die Beurteilung des Körperbaues ein sicheres Erkennungsmittel des Psychischen bei Tieren ist. Es muß deshalb in solchen Fällen, wo wir zufolge der Untersuchung des Körperbaues oder der Lebenserscheinungen oder selbst beider geneigt wären, mit Wahrscheinlichkeit auf das Vorhandensein von psychischer Tätigkeit zu schließen, noch eine dritte Erwägung hinzukommen, die wir als drittes Erkennungsmittel des Psychischen bei Tieren bezeichnen können.

Wir beobachten nämlich an uns selbst, daß gewisse physiologische Vorgänge in unserem Körper nicht bewußt werden, solange sie in normaler, für die Gesundheit zuträglicher Weise ablaufen, wie z. B. die Vorgänge der Atmung und des Kreislaufes, der Verdauung u. a., daß sie aber bewußt werden, sobald sie infolge gestörten Ablaufes das gesamte Wohlbefinden beeinträchtigen. Abgesehen davon, daß bei der großen Zahl der einzelnen Vorgänge eine getrennte deutliche Empfindung jeder einzelnen Reizung unmöglich wäre, hätte auch ihr Bewußtwerden, solange sie eben normal und für das gesamte Befinden zuträglich bleiben, für unser Leben keine Bedeutung. Störungen des normalen Ablaufes dieser Erscheinungen dagegen treten weniger zahlreich auf und ihr Bewußtwerden ist von Bedeutung für uns, denn eben nur durch ihr Bewußtwerden ist uns die Möglichkeit geboten, die dadurch uns bekannt gewordenen Störungen zu beseitigen. Ähnlich ist es mit vielen Reizwirkungen. Von den unzähligen Reizen, die in einem gegebenen Augenblicke auf uns einwirken, erregt nicht ein jeder eine Empfindung. Reize von geringer Stärke, deren Bewußtwerden wegen ihrer über-

großen Zahl das deutliche Empfinden viel wichtigerer Reize von mittlerer Stärke hindern würde, werden nicht bewußt. Und auch viele Reize, die unter gewöhnlichen Verhältnissen bewußt werden, bleiben unbewußt, wenn sie für den augenblicklichen Zustand unseres Bewußtseins von keiner Bedeutung sind. Wir werden deshalb auch bei den Tieren sorgfältig erwägen müssen, welche Bedeutung das Bewußtwerden gewisser Reize für den Organismus haben kann. Reizwirkungen, von denen wir annehmen können, daß sie ohne Bewußtsein gerade so erfolgen würden als wenn sie mit Bewußtsein verbunden wären, trotzdem als bewußt anzunehmen, hätte gar keinen Sinn und widerspräche dem Grundprinzipe der empirischen Forschung, sich überall möglichst einfacher Erklärungsgründe zu bedienen. Das Eintreten des Bewußtseins in die Reihe der Lebenserscheinungen darf uns nicht als ein unverständliches Wunder, sondern muß als etwas Natürliches, leicht Begreifliches erscheinen, und das ist der Fall, wenn das Bewußtsein von allem Anfange an, schon bei seinem ersten Auftreten eine bestimmte Aufgabe im Dienste des Gesamtorganismus zu erfüllen hat wie jede andere Lebenserscheinung. Und wo wir in der Stufenfolge der Tiere und in der Reihe der Lebenserscheinungen das erstemal Grund zu haben glauben, daß das Eingreifen von Bewußtsein dem Tiere zum Vorteile gereicht, da werden wir uns auch berechtigt fühlen, zum erstenmal Bewußtsein anzunehmen.

Organische Wesen mit den denkbar einfachsten Lebensbedürfnissen, die ihr ganzes Leben und deren Vorfahren Millionen von Generationen hindurch einer geringen Mannigfaltigkeit und auch einem geringen Wechsel von Reizen ausgesetzt sind, werden mit den ererbten unbewußten Reflexwirkungen auf äußere Reize ihr Auskommen finden. Zudem haben diese Tiere eine große körperliche Widerstandsfähigkeit, die ihnen in gefährlichen Lagen das Bewußtsein vollständig ersetzt, so daß selbst starke Reize das Leben des Tieres nicht schädigen. Eine Amöbe, die auf das Trockene gerät, müßte auch bei einem hochentwickelten Bewußtsein zugrunde gehen, wenn sie nicht die Widerstandsfähigkeit ihres Körpers davor bewahren würde, denn alle bewußten Reaktionen gegen das nicht adäquate Medium, in das sie geraten ist, würden, da ihr die entsprechenden körperlichen Einrichtungen mangeln, nicht dazu führen, sie aus dem Bereich des schädlichen Mediums zu bringen. Anders ist es bei organischen Wesen, deren Lebensbedürfnisse mannigfacher und abwechslungsreicher und die auch Reizen der

verschiedensten Art ausgesetzt sind. Hier hat die bewußte aktive Anpassung an die stets wechselnden Lebensverhältnisse, von der wir eben im letzten Absatze gesprochen haben, eine Bedeutung für das Tier. Denn wenn es auch wirklich in Verhältnisse geriete, in denen die ererbten Reflexmechanismen nicht mehr ausreichen, so würde es sich mit Hilfe der bewußten Anpassung, falls überhaupt nur die entsprechenden körperlichen Einrichtungen vorhanden sind, den Verhältnissen des Augenblicks leicht anpassen und den Schädlichkeiten widerstehen können, auch wenn der Körper nicht so widerstandsfähig ist wie bei den niedrigsten Organismen. Deshalb also werden wir uns bei der Entscheidung der Frage, ob irgendeine beobachtete Reizwirkung mit Bewußtsein verbunden ist oder nicht, fragen müssen, welche Bedeutung das Bewußtwerden der Reizwirkung für das Tier haben könnte.

Fassen wir das Ergebnis dieser Untersuchung über die Erkennbarkeit des Psychischen in den Tieren zusammen: Das Psychische in niederen organischen Wesen ist unserer Beobachtung nicht unmittelbar, sondern nur durch seine Wirkungen zugänglich. Wir können aber bei den Tieren nur psychische Erscheinungen derselben Art annehmen wie wir sie in uns selbst haben. Von den psychischen Erscheinungen in uns aber wissen wir, daß sie vermöge der physiologischen Parallelvorgänge eine gewisse Organisation des Körpers voraussetzen; daher können wir bei Tieren mit Körpereinrichtungen, namentlich zur Aufnahme von Reizen dienenden Nervenapparaten derselben Art wie bei uns per analogiam auch auf psychische Erscheinungen derselben Art wie bei uns schließen. Wir wissen ferner von uns selbst, daß gewisse Reizwirkungen ohne Bewußtsein erfolgen, nämlich die Reflex-, Impulsiv-, automatischen und Mitbewegungen. Wir werden also auch Reizwirkungen der Tiere, wenn sie zufolge ihrer Gleichförmigkeit im Ablauf und generellen Zweckmäßigkeit oder scheinbaren Zwecklosigkeit als Reflex-, automatische, Impulsiv- oder Mitbewegungen erklärt werden können, als unbewußte Erscheinungen betrachten müssen. Wir wissen endlich von uns selbst, welch große Bedeutung das Bewußtwerden der Reizwirkung für unser gesamtes psychisches und körperliches Leben hat; wir werden deshalb auch bei den Tieren erwägen müssen ob das Bewußtwerden der Reizwirkung, um deren Beurteilung es, sich eben handelt, für das Tier von Bedeutung ist oder nicht.

Erwägungen der Art, wie die vorangegangenen, machen es erklärlich, daß wir dem Körperbau der Tiere, insbesondere dem

Nervensystem und den Sinnesorganen, ferner der Verrichtung ihrer Organe und endlich der Lebensweise der Tiere eine sehr eingehende Beachtung werden schenken müssen. Anatomie und Morphologie, Physiologie und Biologie der Tiere sind für die Tierpsychologie nicht bloße Hilfswissenschaften, sondern sie sind die Erkenntnisquellen, aus denen sie schöpfen muß, also ihre grundlegende Voraussetzung.

Die zweite Methode der Tierpsychologie ist der Versuch, das ist die Beobachtung der Tiere in absichtlich herbeigeführten Verhältnissen. Der Versuch ist nicht etwa eine von der Beobachtung gänzlich verschiedene Methode, sondern eben auch Beobachtung, nur unter anderen als den in der Natur selbst gegebenen Verhältnissen. Der Versuch hat den Zweck, die Beobachtung entweder überhaupt zu ermöglichen oder zu ergänzen. Manche Tiere wie Protozoen und Tiefseebewohner können unter natürlichen Verhältnissen überhaupt nicht beobachtet werden. Um aber doch Kenntnis von ihrer natürlichen Lebensweise zu erlangen, müssen solche Tiere versuchsmäßig in Verhältnisse gebracht werden, in denen sie beobachtet werden können. Nur muß man darauf achten, daß diese Verhältnisse von den in der Natur gegebenen möglichst wenig abweichen. In solchen Fällen hat der Versuch den Zweck, Beobachtung überhaupt zu ermöglichen. In vielen Fällen jedoch reicht eine Beobachtung der Tiere unter natürlichen oder möglichst wenig davon verschiedenen, künstlich herbeigeführten Verhältnissen nicht hin, um die Lebenserscheinungen der Tiere vollständig kennen zu lernen; in solchen Fällen hat der Versuch die Aufgabe, die Beobachtung zu ergänzen, indem man die Tiere in Verhältnisse bringt, in denen irgendeine Lebenserscheinung, die man gerade zum Gegenstande der Untersuchung machen will, vor allen übrigen deutlich hervortritt. Es kann sich z. B. darum handeln, die Bedeutung eines Organes für das Tier kennen zu lernen, wenn die bloße Beobachtung nicht erkennen läßt, welcher Teil der gesamten Lebenserscheinung gerade auf Rechnung dieses Organes fällt. Das kann dadurch geschehen, daß dieses Organ durch Verstümmlung oder Entfernung außer Tätigkeit gesetzt und nun beobachtet wird, welche Lebenserscheinungen wegfallen. Wird dieser Versuch hinreichend oft wiederholt, so darf man (nach der Millschen Differenzmethode) auf einen ursächlichen Zusammenhang zwischen jenem Organ und diesen Lebenserscheinungen schließen. Solche Versuche werden häufig angestellt werden müssen. Denn eine bloße

Ähnlichkeit des tierischen Organes mit einem menschlichen im Bau ist noch nicht Grund genug, auf ähnliche Verrichtungen und ähnliche Lebenserscheinungen wie beim Menschen zu schließen. Z. B. manche niedrig organisierten Tiere wie die Medusen haben Organe, die von den Zoologen wegen der bloßen Anwesenheit von Nervenfasern und Farbzellen und in manchen Fällen auch von lichtbrechenden Körpern als Augen, als Sinneswerkzeuge gedeutet werden. Und doch ist ein solcher Schluß nicht ohneweiters zulässig, denn es ist ja auch möglich, daß diese Organe nicht zum Sehen dienen, sondern nur zur unbewußten Aufnahme von Lichtreizen.

In anderen Fällen kann die reine Beobachtung ergeben, daß mit dem Eintreten gewisser äußerer Reize immer gewisse Erscheinungen verbunden sind. Man vermutet demnach zwischen beiden einen ursächlichen Zusammenhang. Um nun den Beweis dafür zu erbringen, läßt man den Reiz unter besonderen für die Beobachtung günstigen Umständen und womöglich auch in verschiedener Abänderung einwirken, und zwar sowohl in quantitativer Abänderung, nämlich bald stärker bald schwächer, als auch in qualitativer, indem man z. B. bei Versuchen mit Licht bald das volle Sonnenlicht, bald irgendeine der farbigen Lichtarten auf das Tier fallen läßt. Zeigt sich nun auch jedesmal jene als Wirkung vermutete Erscheinung, und zwar in gleicher Weise abändernd wie der Reiz, so ist damit (nach Mills Methoden der Übereinstimmung und der konkurrierenden Veränderungen) der ursächliche Zusammenhang zwischen jenem Reiz und der beobachteten Erscheinung erwiesen. Versuche dieser Art müssen namentlich angestellt werden um die Wirkungen verschiedener äußerer Reize, wie Licht, Druck, Schall, Elektrizität usw. auf das Tier festzustellen.

In manchen Fällen kann es geschehen, daß die Wirkung größer ist als sie nach den uns bekannten Ursachen sein sollte; es bleibt also, wenn man jene Erscheinungen, die durch Beobachtung und Versuch als Wirkungen anderer bekannter Erscheinungen erkannt sind, von der Gesamtwirkung abzieht, von letzterer noch ein unerklärter Rest übrig, für den wir die Ursache nicht kennen. Und nun liegt die Aufgabe vor (nach der Millschen Methode der Rückstände), durch Beobachtung und Versuch die physischen Ursachen der noch unerklärten Erscheinungen zu suchen und wenn das nicht gelingt, zu überlegen, ob sich die fraglichen Erscheinungen durch die Annahme von Bewußtsein nicht einfacher erklären lassen als durch die Annahme physischer Ursachen, die nicht beobachtet werden können.

So also sehen wir, daß der Versuch nicht nur dazu dient, die Lebenserscheinungen überhaupt und in ihrem objektiv-mechanischen Zusammenhange zu erkennen, sondern auch die nötigen Vorbedingungen für die Entscheidung der Frage zu geben, ob den Tieren Bewußtsein zukommt oder nicht. Diese Frage wird daher immer erst beantwortet werden können, nachdem nicht nur der Körper, sondern auch die Lebenserscheinungen der Tiere, wie sie uns Beobachtung und Versuch kennen lernen, einer genauen Untersuchung unterzogen worden sind.

Nach allem ergibt sich für unsere Arbeit folgender Plan:

A. Beschreibung des Körperbaues, insbesondere des Nervensystems und der Sinnesorgane.

B. Die Lebenserscheinungen.

I. Erscheinungen des Stoffwechsels: 1. Aufnahme der Nahrung. 2. Umsetzung der Nahrung (Assimilation, Dissimilation). 3. Abgabe von Stoffen.

II. Erscheinungen des Formwechsels: 1. Phylogenetische Entwicklungsreihe: Anpassung und Vererbung. 2. Ontogenetische Entwicklungsreihe: Wachstum und Vermehrung.

III. Erscheinungen des Energiewechsels: 1. Anscheinend spontane Erscheinungen des Energiewechsels, Bewegung, Leuchten, elektrische Wirkungen. 2. Reizwirkungen auf mechanische, photische, chemische, thermische, elektrische und akustische Reize.

C. Entscheidung der Frage, ob den Tieren Bewußtsein zukommt.

I. Beurteilung der körperlichen Einrichtungen, insbesondere des Nervensystems und der Sinnesorgane.

II. Beurteilung der Lebenserscheinungen, insbesondere der Bewegungen.

III. Beurteilung der Frage, welchen Wert das Bewußtwerden einzelner Lebenserscheinungen für das Tier hätte.

Diese Disposition soll im großen und ganzen, wenn auch mit Änderungen im einzelnen, festgehalten werden. Die Arbeit wird dadurch etwas weitschweifig werden und manche Wiederholungen zeigen, aber da die Arbeit einerseits sowohl für Naturforscher als auch für Psychologen bestimmt ist und anderseits jedem Leser die Einsicht in die Art und Weise, wie die Ergebnisse gewonnen wurden, und auch die Möglichkeit der Nachprüfung bieten soll, wurde manches in die Arbeit aufgenommen, was nicht streng zum Thema zu gehören scheint, aber doch nicht übergangen werden konnte.

I. TEIL.

Die Urtiere, Protozoa.

A. Der Körperbau der Urtiere.

Den ersten Stamm des Tierreiches bilden die Protozoa oder die Urtiere. Es sind durchaus Tiere von geringer Körpergröße, nur wenige erreichen einen Durchmesser von mehreren Millimetern.

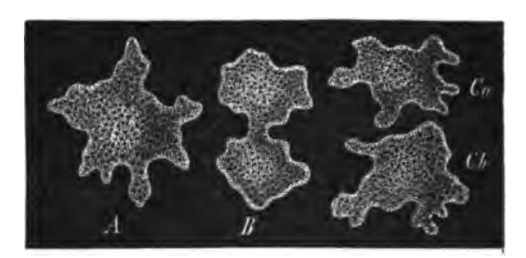


Fig. 1. Protamoeba primitiva. Nach Haeckel.

A das Tier mit den Pseudopodien. *B* Beginn der Teilung. *C* die Teilung ist vollendet.

Viele können mit freiem Auge eben noch als kleine Punkte gesehen werden, die meisten aber sind mikroskopisch klein. Sie bestehen aus einer einzigen Zelle, die jedoch bei verschiedenen Formen einen verschiedenen Grad der Entwicklung zeigt. Bei den niedrigsten Urtieren, wie z. B. bei der Protamoeba primitiva (Fig. 1) fehlt jede sichtbare Differenzierung der lebenden Substanz, kein Zellkern, keine Zellwand, keine sonstig geformten Inhaltskörper sind bemerkbar. Auf einer etwas höheren Stufe ist die lebende Substanz bereits in Protoplasma und Kern geschieden und im Protoplasma scheidet sich eine festere Außenschicht, das Exoplasma, von einer weicheren Innenschicht, dem Endoplasma. Noch weiter kommt es zur Bildung einer festen Oberhaut, der Cuticula, oder zur Ausscheidung von Skeletten und Gehäusen.

Die Geißeln der Flagellaten sind langgestreckte, gewöhnlich nur in der Ein- oder Zweizahl vorkommende Fäden am vorderen Körperende, deren Schwingungen die Fortbewegung des Körpers bewirken, sowie auch Nahrung herbeiführen (Fig. 2*g*). Bei den Ciliaten wird die Cuticula von den Wimpern oder Cilien durchbohrt (Fig. 3), die in großer Zahl entweder gleichmäßig über den ganzen Körper verteilt oder an einzelnen Körperstellen (z. B. als ein Kranz um den Mund oder in Längsreihen am Bauch) lokalisiert sind. Bei vielen Ciliaten sind sie alle gleichartig, bei anderen aber verschiedenen Arten der Bewegung entsprechend auch verschieden geformt, z. B. wie Borsten, Griffel oder Haken. Sie vollziehen schwingende Bewegungen und schieben dadurch den Körper wie mit Rudern nach vorwärts oder führen, wenn sie um den Mund gestellt sind, Nahrung herbei oder sie werden wie die Beine der Insekten zum Kriechen auf einer Unterlage gebraucht, oder endlich sie dienen zum Springen.

Einige haben sogar muskelartige Gebilde, Myoide, die zwischen Cuticula und Exoplasma verlaufen. Die Vorticellen z. B. sitzen mit einem hohlen Stiele auf einer Unterlage fest. In der Wand des Stieles verläuft ein flachspiraliges Myoid, dessen Zusammenziehung den Stiel spiralig einrollt und dadurch den glockenförmigen Körper gegen die Unterlage heranzieht.

Nerven oder auch nur nervenähnliche Gebilde fehlen vollständig. Die ganze lebende Substanz ist erregbar durch verschiedene Reize. Spezifische Organe zur Aufnahme bestimmter Reize sind im allgemeinen nicht vorhanden. Nur bei einigen Flagellaten (Euglena) wird ein roter oder brauner Farbfleck, der manchmal noch einen linsenartigen Körper umschließt, als ein Auge gedeutet. (Vgl. Fig. 2.) Bei den Ciliaten sind die Wimpern sehr empfindlich und bei Mesodinium acarus stehen am Munde einige geknöpfte Tentakeln, die ebenfalls gegen Reize sehr empfindlich sind. Bei vielen Ciliaten stecken in der Rindenschichte des Körpers bläschenförmige Gebilde, die Trichocysten, die unter Einwirkung verschiedener Reize verschwinden, worauf das Tier mit einem Kranze sehr feiner Nadeln umgeben ist. Es scheint, als ob die Bläschen eine Flüssigkeit enthielten, die durch die Zusammenziehung des benachbarten Protoplasmas in einem sehr feinen Strahle, der sogleich erstarrt, hinausgeschleudert wird.[1]) Sie werden von den einen für Taststäbchen,

[1]) Massart, Untersuchungen über die niederen Organismen. Rec. de L'Inst. Botanique (Univ. d. Bruxelles, T. 5., 1902).

von den anderen jedoch für Verteidigungs- und Angriffswaffen zur Abwehr verschiedener Reize gehalten.

B. Die Lebenserscheinungen bei den Urtieren.

1. Die Erscheinungen des Stoff- und Formwechsels.

Die einfachste Form der Nahrungsaufnahme treffen wir bei den Amöben und ähnlichen Rhizopoden.

Sie umschließen alle Fremdkörperchen, die ihnen in den Weg kommen, mit ihren Pseudopodien und verleiben sie ihrem Körper ein. Die nahrhaften Teile werden von dem Protoplasma verdaut, jene ohne Nährwert, wie Schlammteilchen, Sandkörner u. a. werden eine Strecke weit mitgeschleppt und bleiben endlich, indem das Protoplasma abfließt, liegen. Andere Rhizopoden nehmen nur bestimmte Nahrungskörper in sich auf, auf die sie beim Herumkriechen stoßen, oder die gelegentlich gegen sie heranschwimmen. Vampyrella z. B. bohrt nur Algenzellen an, um deren Protoplasma in sich aufzunehmen. Andere Rhizopoden, besonders solche mit langen fadenförmigen Pseudopodien, wie die Heliozoen und Thalamophoren, sondern an den Pseudopodien einen klebrigen Stoff aus, an dem lebende Organismen, die zufällig mit den Pseudopodien in Berührung kommen, hängen bleiben. Die Nahrungsaufnahme der zuletzt genannten Rhizopoden macht leicht den Eindruck einer zweckbewußten Auswahl der Nahrung. Noch mehr ist dies der Fall bei den Ciliaten mit einer Mundöffnung und einer mundständigen Wimperspirale. Nicht alles, was in den durch das Spiel der Wimperspirale erzeugten Wasserstrudel gelangt, wird in die Mundöffnung geführt. „Gelangen ungenießbare Gegenstände in den Strudel, so stellt das Infusor das wirbelnde Spiel der Cilien ein oder gibt diesen eine Richtung, wodurch der Fremdkörper aus dem zum Munde führenden Strudel herausgeschleudert wird.“[1])

Diese und ähnliche Erscheinungen haben wohl am meisten dazu beigetragen, den Urtieren ein besonderes Seelenleben zuzuschreiben. Noch eine Gruppe von Erscheinungen des Stoffwechsels gehört hierher, der Gehäusebau. Bei vielen Rhizopoden entsteht das Gehäuse oder die Schale als Sekret des Protoplasmas, also als ein direktes Produkt des Stoffwechsels. Einige Formen jedoch

[1]) Geza Entz, Studien über die Protisten. Im Auftrage der königl. ung. naturw. Ges., Budapest 1888.

bedürfen zum Aufbau ihres Gehäuses Fremdkörper, z. B. die Difflugiaarten.

Diese Urtiere halten Fremdkörperchen wie Diatomeen und Sandkörnchen mit dem klebrigen Stoffe, der von den Pseudopodien ausgeschieden wird, fest, und ziehen sie mit den Pseudopodien in das Innere des Protoplasmakörpers hinein. Bei der Teilung der Difflugia wölbt sich nun aus der Öffnung der alten Schale eine Protoplasmamasse hervor, die allmählich die Gestalt der Schale annimmt und an ihrer Oberfläche das angenommene Schalenmaterial ablagert. Durch ein Sekret, das bald erhärtet, wird dieses alsbald zum festen Gehäuse zusammengekittet. Wenn die Teilung vollzogen ist, hat die neue Difflugia schon ein fertiges Gehäuse. Die Vorgänge bei der Gehäusebildung sind also eine Begleiterscheinung der Teilung.[1])

Unter den Erscheinungen des Formwechsels zeigt uns die phylogenetische Entwicklungsreihe, daß die Anpassung und Vererbung bereits zur Entwicklung einer ungemein großen Mannigfaltigkeit von Formen geführt hat, von der einfachsten Amöbe ohne bleibende Gestalt und ohne Organe bis zum verhältnismäßig hochentwickelten Wimperinfusor mit bestimmter Gestalt und bestimmten, den verschiedenen Lebensverrichtungen dienenden Organen. Unserer Beobachtung jedoch sind an diesen verschiedenen Formen von Urtieren nur die Resultate der phylogenetischen Entwicklungsreihe zugänglich; die speziellen Vorgänge der Anpassung und Vererbung, die zu jener Entwicklungsreihe geführt haben, entziehen sich unserer Beobachtung vollständig.

Anders ist es bei den Erscheinungen der ontogenetischen Entwicklungsreihe, dem Wachstum und der Fortpflanzung. Jeder Organismus zeigt wenigstens während einer bestimmten Zeit seines Lebens Wachstumserscheinungen. Die Masse seiner lebenden Substanz vergrößert sich. Hat der Organismus durch das Wachstum seine bestimmte Größe erreicht und bildet sich noch neue lebende Substanz, erfolgt also Wachstum über das individuelle Maß hinaus, so muß sich die lebende Substanz teilen, das heißt, das Tier vermehrt sich. Alle Vermehrung beruht auf Teilung der lebenden Substanz und ist somit eine Erscheinung des Wachstums.

Die Vermehrung der Urtiere erfolgt ausschließlich durch

---

[1]) M. Verworn, Psycho-physische Protisten-Studien, Jena 1889, S. 140 ff

Teilung, die freilich bei den einzelnen Arten eine verschiedene Form annimmt: Einfache Teilung, Sporenbildung, Knospung und Konjugation. Viele Formen teilen sich in freiem Zustande während ihrer gewohnten Lebensverrichtungen, also während des Herumkriechens oder Herumschwimmens. Andere kapseln sich ein, das heißt, sie nehmen die Gestalt einer Kugel oder eines Eies an, und umgeben sich mit einer schützenden Hülle, innerhalb deren sich das Protoplasma in 2, 4, 8 und selbst in mehrere 100 Fortpflanzungskörper teilt, die eine ei- oder bohnenförmige Gestalt haben und sich, nachdem sie frei geworden sind, mittels einer oder mehrerer Geißeln fortbewegen. Es sind Geißelschwärmer oder Zoosporen. Solche Sporen entstehen aber auch bei freier Teilung, indem eines oder beide Teilstücke eine ovale Form annehmen und ein oder zwei Geißeln erhalten. Später nehmen die Sporen die Kugelgestalt an und bewegen sich nun mittels der Pseudopodien. Bei manchen Formen jedoch ist das weitere Schicksal der Sporen noch nicht bekannt. Bei einigen Infusorien führt unvollständige Teilung zur Knospung. Bei noch anderen wechselt der Vorgang der Teilung mit dem der Konjugation.

Der Vorgang der Konjugation ist nach R. Hertwig[1]) folgender: Zwei Individuen, z. B. zwei Paramaecien legen sich zuerst mit den vorderen Körperenden, dann mit der ganzen Bauchseite so aneinander, daß Mundöffnung gegen Mundöffnung steht. In der Nähe der letzteren bildet sich später eine Verwachsungsbrücke, durch die der Austausch der infolge wiederholter Teilung entstandenen Wanderkerne erfolgt. Schließlich gehen die Tiere auseinander und erhalten wieder ihre Mundöffnung.

Als eine besondere Erscheinung des Formwechsels kann die sogenannte Selbstverstümmlung, die Autotomie, bezeichnet werden.

Unter den Gregarinen hat die Polycystidea in der Jugend einen Körperteil, das Epimerit, welcher zum Anheften an die Darmwand des Wirtes dient. Unter abnormalen Verhältnissen löst sich dieses Epimerit los, indem an seiner Ansatzstelle aus dem Körper eine Gasblase hervorquillt, die es abstößt. Der Vorgang ist ein rein pathologischer.[2]) Er tritt ein, wenn das Tier nicht mehr von dem Darmsafte des Wirtes, sondern von anderen Flüssigkeiten, von

[1]) R. Hertwig, Lehrbuch der Zoologie, Jena 1892, S. 164.
[2]) J. Frenzel, Pflügers Archiv, 50. Band, 1891.

Wasser oder Speichel u. dgl. umhüllt ist, wobei überhaupt nicht nur das Abwerfen des Epimerites, sondern auch der Tod des Tieres eintritt. Daß hier ein Willkürakt vorliegt, kann nicht behauptet werden; denn unter normalen Lebensverhältnissen tritt die Erscheinung niemals ein, sie ist vielmehr eine Reizerscheinung infolge des geänderten, dem Tiere schädlichen Mediums.

Eine andere Art von Autotomie ist das Abwerfen der Geißeln bei Flagellaten. Nach Bütschli[1]) werfen die Euglenen, die Pandorinen und Chlamidomonas pulvisculus die Geißeln ab, namentlich wenn sie sich zur Teilung anschicken. Die Erscheinung kommt aber auch als Reizwirkung vor, nach Bütschli z. B. bei Glenodinium cinctum Ehrb. bei Zusatz von Chromsäure zum Wasser. Dort ist die Autotomie eine rein physiologische der Fortpflanzung vorhergehende Erscheinung, hier ist sie eine Reizwirkung; in keinem Falle ist es notwendig, zu ihrer Auslösung einen Willkürakt anzunehmen.

2. Die Erscheinungen des Energiewechsels.

a) Anscheinend spontane Bewegungen.

Bei vielen Bewegungen der Urtiere können wir die unmittelbare Veranlassung nicht beobachten, sie sind anscheinend spontan und machen auf uns den Eindruck, als ob sie beabsichtigt worden wären. Die Zahl dieser Bewegungen ist eine ungemein große.

Hierher gehören die amöboiden Bewegungen der Rhizopoden, die Wimperbewegungen der Flagellaten und Ciliaten und die Muskelbewegungen einiger Ciliaten.

Bei nackten Protoplasmamassen, wie z. B. den Amöben, strecken sich fußartige Fortsätze nach einer Richtung vor, andere gegenüberliegende hingegen werden zurückgezogen und nun schiebt sich das ganze Protoplasma in der Richtung des vorgestreckten Fußes hin. Dadurch, daß sich dieser Vorgang wiederholt, gleitet das Tierchen wie eine Schnecke langsam auf der Unterlage weiter.

Durch besondere Lebhaftigkeit zeichnen sich die anscheinend spontanen Bewegungen der Flagellaten und Ciliaten aus. Die meisten haben die Fähigkeit, Richtung und Geschwindigkeit ihrer Bewegung plötzlich zu ändern. Manche Infusorien sind auch imstande, ihrem Körper eine drehende Bewegung zu geben; ohne irgendeine sicht-

[1]) Bütschli, in Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreiches, I. Band.

bare Veranlassung gehen sie in diese Bewegungsform über, um nach einiger Zeit wieder die normale Bewegungsart anzunehmen.

Interessant sind die Bewegungen, die Engelmann[1]) an Vorticellenknospen beobachtet hat. Die Knospen bewegten sich um ihre Längsachse rotierend in ziemlich gerader Richtung vorwärts. „Zufällig in die Nähe einer festsitzenden Vorticella geraten, änderte die Knospe zuweilen wie mit einem Ruck ihre Richtung und nahte nun tanzend wie ein Schmetterling, der um eine Blume spielt, der Vorticella und glitt wie tastend und sich dabei immer um die eigene Längsachse drehend, auf ihr hin und her. Nachdem das Spiel minutenlang gedauert hatte, auch wohl nacheinander bei verschiedenen festsitzenden Individuem wiederholt worden war, setzt sich die Knospe endlich fest." Eine andere Vorticellenknospe kreuzte die Bahn einer großen Vorticella, die ihren Stiel verlassen hatte. „Im Augenblicke der Begegnung — Berührung findet inzwischen durchaus nicht statt — änderte die Knospe plötzlich ihre Richtung und folgte der Vorticella mit sehr großer Geschwindigkeit. Es entwickelte sich eine förmliche Jagd, die zirka 5 Sekunden dauerte. Die Knospe blieb während dieser Zeit nur zirka 1—15 *mm* hinter der Vorticella, holte sie jedoch nicht ein, sondern verlor sie, als dieselbe eine plötzliche Seitenschwenkung machte. Hierauf setzte die Knospe mit der anfänglichen geringeren Geschwindigkeit ihren eigenen Weg fort."

Eine große Anzahl von Infusorien führt mit Hilfe besonders differenzierter Wimpern springende Bewegungen aus. Halteria grandinella z. B. (vgl. Fig. 3) schwimmt für gewöhnlich mittels einer um den Mund gestellten Spirale von Wimpern gleichmäßig durch das Wasser dahin. Plötzlich aber schnellt das Tier zurück, indem sich die in sieben Gruppen zu je drei um die Mitte des Körpers gestellten Sprungborsten schnell nach vorn bewegen. Bald aber schwimmt es wieder ruhig nach einer Richtung weiter. Diese Sprungbewegungen wiederholen sich in regelmäßigen Zwischenräumen.[2])

Andere Ciliaten laufen auf einer Unterlage. Sie gebrauchen die an ihrer Unterseite stehenden Wimpern wie Beine, um mit ihnen auf dem Boden des Gefäßes oder auf einem Fremdkörper im Wasser hin und her zu laufen. Dabei bewegen sich die Wimpern nicht

[1]) Engelmann, Über Entwicklung und Fortbewegung von Infusorien. In Morphol. Jahrb. von Gegenbaur, I. Band, 1876.

[2]) M. Verworn, Psycho-physiologische Protisten-Studien, Jena 1889, S. 30.

gleichmäßig, sondern es wird bald die eine, bald die andere vorgesetzt. Manche dieser laufenden Ciliaten, die einen weichen Körper haben, führen gleichmäßig tastende Bewegungen aus, indem sie das Vorderende des Körpers mit erstaunlicher Beweglichkeit bald hierhin, bald dahin wenden, als ob sie den Schlamm absuchen würden. Interessant ist Lacrymaria olor. Dieses Infusor kann den Körper, besonders den Vorderteil mit den Munde, zu einem langen dünnen Faden ausstrecken und wieder zur kurzgedrungenen Flaschenform zusammenziehen. Es kriecht langsam zwischen den Schlamm- und Pflanzenteilen des Wassers umher, bleibt aber zeitweilig mit dem hinteren dünneren Körperende auf einer Stelle liegen und tastet nun mit dem sich verlängernden und wieder verkürzenden Vorderende wie mit dem Rüssel zwischen den Gegenständen umher und nimmt gelegentlich ein Nahrungsteilchen mit dem Munde auf. Zuweilen zuckt der ganze Körper zur Flaschenform zusammen, worauf dann das Spiel von neuem beginnt.[1])

Den Eindruck spontaner Bewegungen macht endlich auch das Zusammenzucken mancher Infusorien, die kontraktile Myoide haben, wie z. B. Spirostomum, Stentor, Vorticella. Letztere sind gewöhnlich lang ausgestreckt und lassen den Wimperbesatz des Peristoms frei spielen. Plötzlich aber und ohne sichtbare äußere Veranlassung rollt sich der Stiel spiralig auf. Der Körper wird dadurch an das Fußende herangezogen und das Peristom nach innen geschlagen. Kurze Zeit darauf streckt sich das Tier wieder aus und auch das Peristom wendet sich wieder nach außen.[1])

Verworn[2]) untersuchte auch die Bewegungen an Teilstücken von Protisten und fand hinsichtlich der anscheinend spontanen Bewegungen, daß alle, selbst die kleinsten und auch kernlosen Teilstücke des Protistenkörpers nach Überwindung eines Reizstadiums, das sich bei Rhizopoden in Zusammenziehungen des Körpers, bei den Ciliaten in Beschleunigung der Wimperbewegung äußert, genau dieselben Bewegungen ausführen, die sie im Zusammenhange mit dem unverletzten Körper ausgeführt haben.

Dem Anschein nach spontan ist auch das Loslösen der Vorticellen von der Kolonie. Beobachtet man eine ganze Kolonie, so

[1]) M. Verworn, a. a. O. S. 31 f.
[2]) M. Verworn, a. a. O. S. 30.
[3]) M. Verworn, a. a. O. S. 157.

findet man, daß die eine Vorticelle bereits munter umherschwimmt, während die andere sich noch bemüht, die hervorgesproßte hintere Cilienreihe in Tätigkeit zu versetzen und sich von dem Stiele abzulösen, während die dritte noch ganz ungestört ihre kümmerliche Bakteriennahrung herbeisprudelt.[1]) Dies alles geschieht unter Bedingungen, die uns als gleichartig erscheinen und dennoch erfolgt die Ablösung nicht gleichmäßig.

b) Reizwirkungen.

Versuche über die Einwirkung verschiedener Reize auf Urtiere sind zahlreich gemacht worden, am ausführlichsten von M. Verworn, dem wir in der folgenden Darstellung am meisten verdanken. Es würde uns zu weit führen, die Versuche alle zu beschreiben. Wir wollen daher unter Verweisung auf die Originalarbeiten hier nur die Ergebnisse zusammenfassen. Sämtliche Reizarten, die bei höheren Tieren und beim Menschen Wirkungen auslösen, können dies auch bei den Urtieren. Von jenen Reizen, denen die Urtiere im gewöhnlichen Leben regelmäßig ausgesetzt sind, lösen die chemischen, thermischen und mechanischen Reize ziemlich allgemein Wirkungen aus; photische Reize hingegen verhältnismäßig selten. Akustische Reize wirken nur, wenn der Schallerreger das Tier direkt berührt oder in der Flüssigkeit, in der es lebt, hinreichend starke Erschütterungen hervorruft, niemals aber, wenn der Schallreiz nicht direkt, sondern durch ein Leitungsmittel (Luft oder Wasser) auf das Tier übertragen wird. Schallreize wirken also nur als mechanische Reize. Elektrische Reize, denen das Tier im gewöhnlichen Leben wohl niemals oder nur ganz ausnahmsweise ausgesetzt ist, lösen trotzdem Wirkungen aus, die mit denen der chemischen und mechanischen Reize am meisten Ähnlichkeit haben.

Über den Schwellenwert des Reizes, d. h. die Reizstärke, bei der eben eine Änderung in den Lebenserscheinungen eintritt, sind nur bei chemischen und thermischen Reizen Untersuchungen gemacht worden. Die Schwelle für chemische Reize, d. h. der Grad der Konzentration, bei der die überhaupt chemisch wirksamen Stoffe ihre Wirkungen eben auszulösen beginnen, ist bei verschiedenen Stoffen und Organismen verschieden, aber meistens sehr gering. So z. B. findet Kühne[2]), daß Amöben und Aktino-

[1]) Frenzel, Pflügers Archiv, 1891, S. 50.
[2]) Kühne, Untersuchungen über das Protoplasma und die Kontraktilität Leipzig 1864.

sphaerien ihre Pseudopodien einziehen, wenn eine 0·1‰ Salzsäurelösung oder eine 1‰ Kalihydratlösung oder eine 1—2‰ Kochsalzlösung angewendet wird. Für thermische Reize findet Jensen, daß Paramaecien noch empfindlich sind, wenn an beiden Enden ihres zirka 0·2 *mm* langen Körpers ein Temperaturunterschied von 0·1° C herrscht.

Über das Verhältnis der Reizstärke zur Stärke der Reizwirkung sind noch keine besonderen Untersuchungen angestellt worden. Im allgemeinen zeigt sich wohl, daß die Energie der Wirkung mit der Stärke des Reizes zunimmt, nämlich von der Reizschwelle an bis zu einem Optimum des Reizes wächst, dann aber bis zu einem Punkte, der den Tod herbeiführt, rasch abnimmt. Und die Beobachtung, daß die Kohlensäureentwicklung in einer hefehältigen Traubenzuckerlösung rasch zunimmt und schon bei 30 bis 35° C so stürmisch verläuft wie in Schaumwein,[1]) läßt vermuten, daß die Stärke der Reizwirkung schneller wächst als die Stärke des Reizes. (Ein Analogon zum psychophysischen Gesetz Fechners). Aber Genaueres darüber ist nicht bekannt.

Bei einigen Reizarten ist auch das Maximum des Reizes, das ohne Schädigung für das Leben des Organismus noch ertragen wird, bekannt. Das Maximum der Temperatur, das noch ertragen wird, erreicht nur bei wenigen Formen 40° C, Schultze fand z. B. Bodo noch bei einer Temperatur von 44° C lebend.[2]) Das Minimum der Temperatur liegt für einige Rhizopoden, nach Kühne z. B. für Amoeba diffluens, unter 0°.[3])

Die Erregung, die der Reiz in der lebenden Substanz hervorruft, pflanzt sich von der Reizstelle auch über die benachbarten Teile des Protoplasmas fort.

Dafür gelten im allgemeinen folgende Gesetze: 1. Lokalisierte Reizung erzeugt bis zu einer gewissen Reizstärke auch nur lokalisierte Wirkung. Ist jedoch die Reizstärke groß genug, so wird die Erregung von der Reizstelle fortgeleitet.

2. Die Schnelligkeit und Weite der Reizleitung ist bei verschiedenen Arten und innerhalb gewisser Grenzen sogar bei ver-

---

[1]) Liebig, Über Gärung, über Quellen der Muskelkraft und Ernährung, Leipzig und Heidelberg 1870.

[2]) Max Schultze, Das Protoplasma der Rhizopoden und der Pflanzenzelle Leipzig 1863.

[3]) Kühne, a. a. O.

schiedenen Individuen derselben Art verschieden. Sie ist bei empfindlichen Formen, z. B. Difflugia urceolata, größer als bei weniger empfindlichen.

3. Starke Reize werden weiter geleitet als schwache. Bei Rhizopoden z. B. bleiben schwache Reize auf das betreffende Pseudopodium beschränkt, während sehr starke sich auf alle Pseudopodien fortpflanzen.

4. Die Stärke der Erregung nimmt ab mit der Entfernung von der Reizstelle.

Besondere Aufnahmsorgane fehlen für chemische, thermische, elektrische und akustische Reize vollständig. Sofern das Protoplasma auf Reize dieser Art überhaupt reagiert, ist, wie es scheint, jeder Teil des Protoplasmas in gleichem Grade reizbar. Möglicherweise sind gewisse Bewegungsorganoide wie die Geißeln und Wimpern für chemische Stoffe mehr reizbar als das Innenprotoplasma des Körpers. Bei Euglena wurde der kleine Pigmentfleck, das Stigma, von den einen als Auge, von den andern als Organ zur Aufnahme von Wärmereizen gedeutet. Gegen die Deutung als Wärmeorgan spricht der Umstand, daß gerade jene Farben des Spektrums, die am wenigsten Wärmestrahlen enthalten, die wirksamsten sind, während der warme Teil des Spektrums die Bewegung gar nicht beeinflußt. Gegen die Deutung als Auge wurde die Tatsache geltend gemacht, daß Lichtwirkung schon auftritt, noch ehe das Stigma vom Lichtreiz getroffen wird und daß Organismen ohne Stigma sich dem Licht gegenüber geradeso verhalten wie solche mit Stigma. Dieser Umstand schließt jedoch die Deutung des Stigmas als Organ zur Aufnahme von Lichtreizen nicht aus; denn daß die von anderen Urtieren bekannte Reaktion der lebenden Substanz auf Lichtreize, nämlich Bewegung, auch bei Organismen ohne Stigma und selbst bei Euglena ohne Reizung des Stigma eintritt, ist kein Beweis dafür, daß Lichtreize vom Stigma überhaupt nicht aufgenommen werden, sondern legt uns nur die Vermutung nahe, daß Bewegung nicht die Reaktionsform sein wird, in welcher das Stigma auf Lichtreize antwortet. Lichtreize lösen im allgemeinen nicht bloß Bewegungen, sondern auch Erscheinungen des Stoffwechsels aus und da das Pigment des Stigmas aus Hämatochrom, einem dem Chlorophyll in seinen Eigenschaften und Verrichtungen nahe verwandten Farbstoff besteht, dürfte das Stigma wie das Chlorophyll zum Stoffwechsel in näherer Beziehung stehen und da der assimilatorische

Vorgang in diesem Farbstoff nur unter dem Einflusse des Lichtes stattfindet, könnte die Linse des Stigmas den Zweck haben, ihm mehr Licht zuzuführen und die assimilatorische Tätigkeit des Organs trotz seiner Kleinheit auch bei schwächerer Beleuchtung rege zu halten. Nach dieser Deutung also wäre das Stigma ein photochemisches Assimilationsorgan. Die Bestätigung dieser Deutung sowie die nähere Bestimmung der assimilatorischen Tätigkeit, ob nicht etwa die letztere zur Tätigkeit des Chlorophylls desselben Urtieres oder zur Tätigkeit der kontraktilen Vacuole, mit der es ja räumlich verbunden ist, in enger Beziehung steht, muß freilich einer näheren Untersuchung überlassen bleiben.

Für mechanische Reize haben die Rhizopoden keine besonders differenzierten Organoide. Gewöhnlich aber ist das Exoplasma reizbarer als das Endoplasma. Bei den Flagellaten ist die Geißel als das reizempfindliche Organ zu betrachten und da dieses auch der Bewegung dient, so haben wir hier die einfache aber zweckmäßige Einrichtung, daß dasselbe Organ den Reiz aufnimmt und die Reaktionsbewegung ausführt. Etwas komplizierter ist die Auslösung der Bewegung bei jenen Flagellaten, die auch Myoide haben. Bei diesen bildet der ganze Körper das Vorbild einer Epithelmuskelzelle, wie sie auf einer höheren Stufe des Tierreiches bei den Polypen vorkommen. Die Geißel ist nämlich vorwiegend Aufnahmsorgan für Reize; die Erregung wird durch das Protoplasma der Geißel und des Körpers bis zum Myoid fortgeleitet und dieses ist das motorische Endorgan. Hier also ist zwischen dem reizempfindlichen Aufnahmsorgan und dem motorischen Endorgan der Körper selbst als Leitungsorgan eingeschaltet. Bei den Ciliaten ist das Endoplasma bedeutend weniger reizbar als das Exoplasma. Besonders reizbar aber sind bei den Ciliaten die Wimpern. Und selbst unter den Wimpern desselben Urtieres bestehen Unterschiede in der Reizbarkeit. So z. B. sind bei den hypotrichen Ciliaten die Mundwimpern viel reizbarer als die Bauchwimpern, mit denen sie auf anderen Gegenständen herumlaufen und bei Pleuronema sind die starren Sprungwimpern die reizbarsten Elemente des ganzen Körpers. Bei Mesodinium acarus sind die sogenannten Tentakeln, die um den Mund herumstehen und zum Anheften an Gegenstände im Wasser dienen, äußerst empfindlich. Ihre Berührung mit Fremdkörpern löst sofort eine Bewegung der Sprungwimpern aus. Für mechanische Reize haben sich also bei

den Flagellaten und Ciliaten schon besondere Organoide zur Aufnahme des Reizes aus der allgemeinen Protoplasmamasse des Körpers herausgebildet, aber diese Organoide dienen im Interesse der Ersparung von Masse immer auch noch anderen Zwecken, es sind keine Organe mit einer spezifischen Energie.

Wir finden also bei den Protozoen eine allmählich fortschreitende und sich immer mehr differenzierende Anpassung des Protoplasmas an die Verrichtungen, und zwar: I. Anpassung des Protoplasmas in bezug auf Reizbarkeit. Hier kann man folgende Entwicklungsstufen unterscheiden:

1. Das ganze Protoplasma ist gleichmäßig erregbar durch Reize allgemeiner Art, Amöben. 2. Das Exoplasma ist reizbarer als das Endoplasma, bei Ciliaten und auch schon einzelnen Formen von Rhizopoden. 3. Es sind besondere Organoide zur Aufnahme des Reizes vorhanden, die Geißeln der Flagellaten und die Wimpern der Ciliaten. 4. Verschieden geformte Wimpern haben einen verschiedenen Grad von Reizbarkeit, z. B. die Peristom- und Bauchwimpern bei hypotrichen Ciliaten.

II. Anpassung des Protoplasmas an verschiedene Bewegungen. Hier kann man folgende Entwicklungsstufen unterscheiden:

1. Das ganze Protoplasma ist gleichmäßig fähig, Bewegungen auszuführen, entsprechend der gleichmäßigen Reizbarkeit des ganzen Protoplasmas, Amöben. 2. Es sind besondere äußere Bewegungsorganoide vorhanden, die Geißeln und Wimpern, entsprechend der Ausbildung besonderer Organe zur Aufnahme des Reizes. 3. Wimpern verschiedener Form sind für Bewegungen verschiedener Art eingerichtet; Sprung-, Schnell- und Laufwimpern, entsprechend der nach der Form der Wimpern verschiedenen Reizbarkeit. 4. Es sind innere Bewegungsorganoide, Myoide, vorhanden.

Die Reizwirkungen sind dadurch charakterisiert, daß die freiwerdende Energiemenge die mit dem Reiz erzeugte bei weitem übertrifft. Die Wirkung des Reizes, die Auslösung des Reizerfolges besteht darin, daß der Reiz die Umsetzung der potenziellen Energie, die durch den Stoffwechsel im Organismus aufgespeichert wurde, in aktuelle Energie veranlaßt. Der Reiz ist also nicht die alleinige Ursache für die Wirkung, sondern nur die Teilursache, die zu der bereitliegenden Gesamtheit von Umständen hinzutreten muß, damit

die Wirkung ausgelöst werde, ebenso wie der Funken die Explosion des Pulvers verursacht.

Die verschiedenen Formen der Reizwirkung lassen sich in die drei Hauptgruppen der Erscheinungen des Stoff-, Form- und Energiewechsels bringen. Erscheinungen des Stoffwechsels werden insbesondere durch chemische und mechanische Reize ausgelöst. Der allgemeinste am häufigsten wirkende chemische Reiz, der von der aufgenommenen Nahrung ausgeht, löst die Erscheinungen der Assimilation und Dissimilation aus. Mechanische Reize veranlassen bei vielen Rhizopoden das Protoplasma der Pseudopodien zur Ausscheidung klebriger Stoffe in Form von kleinen Tröpfchen, die bei gewissen Lebenstätigkeiten dieser Urtiere, nämlich beim Festhalten und bei der Aufnahme sowohl der Nahrung als auch des Materials zum Baue der Gehäuse eine wichtige Rolle spielen. Bei zu großer Stärke oder zu langer Dauer des Reizes kommt zuerst ein Ruhezustand, aus dem sich das Tier noch erholen kann, dann aber tritt der Tod und Zerfall des Protoplasmas ein.

Erscheinungen des Formwechsels zeigen sich überhaupt nur bei chemischen und thermischen Reizen und auch da nicht augenfällig, sondern erst nach längerer Beobachtung.

Der gewöhnlichste chemische Reiz, nämlich der von der Nahrung ausgehende, führt zu den Erscheinungen des Wachstums und der Vermehrung; der Einfluß thermischer Reize zeigt sich insofern als die Lebenserscheinungen überhaupt erst bei einer gewissen Temperatur beginnen, bei einer andern ihr Optimum erreichen und endlich ganz aufhören.

Erscheinungen des Energiewechsels zeigen sich in zwei Formen, als Lichtwirkung und als Bewegung. Lichtwirkung entsteht sowohl bei chemischen als auch mechanischen Reizen. Gewisse Radiolarien leuchten bei einer Änderung der Konzentration des Meerwassers auf. Am genauesten wurde diese Erscheinung bei den Noctilucen untersucht, die in den nordischen Meeren das Meerleuchten verursachen. Massart[1]) hat gezeigt, daß verschiedene Stoffe, z. B. destilliertes Wasser, eine konzentrierte Kochsalzlösung, eine Zuckerlösung u. a., plötzliches Aufleuchten verursachen, wohingegen Alkoholdämpfe die Noctilucen derart beeinflussen, daß sie durch keine Reize mehr zum Leuchten zu bringen sind. Die

[1]) Massart, Sur irritabilité des Noctiluques. Bulletin scientifique de la France et de la Belgique. T. 25, 1893.

Erregung von Licht durch mechanische Reize ist eine alltägliche Erscheinung; der Wellenschlag des Meeres, ja das bloße Umrühren des Meerwassers in einem Glase ist hinreichend, Radiolarien und Noctilucen zum Leuchten zu veranlassen.

Die häufigsten Reizwirkungen sind Bewegungen verschiedener Art. Sie entstehen als Wirkungen aller Reizarten. Die Pseudopodien der Rhizopoden werden entweder ausgestreckt oder eingezogen, ersteres z. B. bei den Amöben, wenn Sauerstoff auf sie einwirkt; bei vielen anderen Rhizopoden, wenn die Normaltemperatur des Mediums, in dem sie leben, bis zu einem bestimmten Grad, dem Optimum, erhöht wird. Eingezogen werden die Pseudopodien bei den meisten chemischen Reizen, Säuren, Alkalien, Salzen; bei mechanischen Reizen von einer gewissen oft schon sehr geringen Stärke; ferner bei thermischen Reizen, wenn die Temperatur schon über dem Optimum oder unter der Normaltemperatur liegt; ferner bei Lichtreizen, wenn sie plötzlich einwirken, wie z. B. bei Pelomyxa palustris [1]) und endlich auch bei elektrischen Reizen. Sind diese Reize stark genug, so werden sämtliche Pseudopodien eingezogen. Nackte Formen nehmen Kugelgestalt an und verharren in vollkommener Ruhe, um erst nach einiger Zeit ihre Pseudopodien wieder auszustrecken.

Die Bewegung der Geißeln und Cilien wird entweder beschleunigt oder verlangsamt oder in die entgegengesetzte Richtung verändert.

Bei chemischen Reizen tritt im allgemeinen zunächst eine Beschleunigung der Geißel- und Wimperbewegung ein, dann aber verlangsamt sie sich allmählich bis zum gänzlichen Stillstand.[2]) Entziehung von Sauerstoff wirkt verzögernd, Steigerung des Sauerstoffdruckes aber beschleunigend.[3]) Bei mechanischen Reizen macht die Geißel eine unregelmäßig schwingende Bewegung, welche dem Tiere eine andere Schwimmrichtung gibt, indem sie es seitwärts

---

[1]) Engelmann, Über die Reizung kontraktilen Protoplasmas durch plötzliche Beleuchtung. In Plüg. Arch. B. 19, 1879.

[2]) Roßbach, Die rhythmischen Bewegungserscheinungen der einfachsten Organismen und ihr Verhalten gegen physikalische Agenzien und Arzneimittel. Arbeiten des zool.-zoot. Instituts zu Würzburg 1874.

[3]) Roßbach, a. a. O. I. Clark, Über den Einfluß niederer Sauerstoffpressungen auf die Bewegungen des Protoplasmas. (Vorläufige Mitteilung.) In Ber. d. deutschen botanischen Gesellschaft, 1888, B. VI.

oder rückwärts schleudert.[1]) Die Wimpern der Ciliaten führen bei mechanischen Reizen Schwingungen in der der normalen entgegengesetzten Richtung aus, die dem Tier einen Stoß nach rückwärts geben und es dadurch aus dem Bereich der Gefahr bringen. Sofort nach diesem Stoß schwimmt das Tier in anderer Richtung weiter.[2]) Bei thermischen Reizen wird die Bewegung der Wimpern von der Normaltemperatur bis zu einem Optimum beschleunigt, bei Temperaturen über dem Optimum und unter der normalen aber verzögert. (Roßbach, Verworn.) Photische Reize lösen bei Geißel- und Wimperinfusorien äußerst selten Bewegungen aus. Nur ein Geißelinfusor, Bacterium photometricum[3]), und ein Wimperinfusor, Pleuronema chrysalis[4]), zeigen bei Beleuchtung lebhafte Bewegung, während das erstere im Dunkeln regungslos liegen bleibt und letzteres nur von Zeit zu Zeit durch einen plötzlichen Schlag seiner Sprungwimpern einen schnellen Sprung ausführt. Bei Bacterium sind die langwelligen, bei Pleuronema hingegen die kurzwelligen Strahlen die wirksamsten. Bei elektrischen Reizen bewegen sich die Wimpern der Ciliaten schneller und vollziehen ihre Schwingungen um eine andere Mittellage als unter gewöhnlichen Verhältnissen. Bei Stentor z. B. schlagen die Mundwimpern, die sonst nach außen gerichtet sind, nach innen um und schwingen nun in dieser Lage weiter.[5]) Myoide zeigen bei chemischen, mechanischen, thermischen und elektrischen Reizen Kontraktionen.

Bei thermischen Reizen tritt die Kontraktion erst über dem Optimum ein, jedoch nur bei rascher Erwärmung. Erfolgt die Erwärmung langsam, so bleibt die Kontraktion aus, oder das Tier verkürzt sich nur um einen kleinen Teil. Bei Formen, die verzweigte Kolonien bilden, wie Zoothamnium und Carchesium, kann man durch Erschütterung oder auch nur Berührung einiger Individuen die ganze Kolonie zurückschnellen lassen. Wird hingegen ein Individuum ganz vorsichtig berührt, etwa mit einer Nadelspitze, so zuckt nur dieses eine oder höchstens noch die benachbarten schwach zusammen.[6])

---

[1]) Verworn, a. a. O., 85 f.

[2]) Verworn, a. a. O., 87 f.

[3]) Engelmann, Ein Beitrag zur vergleichenden Physiologie des Licht- und Farbensinnes. In Pflüg. Arch., B. XXX.

[4]) Verworn, a. a. O., Nachschrift.

[5]) Verworn, a. a. O., 114.

[6]) Verworn, a. a. O., 88.

Eine besondere Gruppe von Bewegungserscheinungen sind die bewegungsrichtenden Wirkungen infolge von ungleichmäßigen Reizen.[1])

Wir können zwei Formen unterscheiden:

1. Die Körperachse nimmt gegenüber der Richtung des Reizes eine bestimmte Stellung ein: Taktische Wirkungen des Reizes. Das wurde beobachtet bei Licht- und elektrischen Reizen. So z. B. nimmt Bacterium chlorinum und Bacterium photometricum eine parallele Lage zum einfallenden Lichte ein und viele Ciliaten stellen sich mit der vorderen Körperhälfte gegen die Kathode. Man bezeichnet diese Erscheinung als Photo- und Galvanotaxis.

2. Viele Reize haben Ortsveränderungen des Tieres zur Folge: Tropische Wirkungen des Reizes.[2]) Und zwar bewegen sich einige Tiere zur Reizquelle hin, positiver Tropismus, andere von der Reizquelle hinweg, negativer Tropismus. Dabei ist nicht die Richtung, sondern die Stärke des Reizes von Wichtigkeit; z. B. schwache mechanische Reize, wie Berührung mit Fremdkörpern erzeugen Bewegung zur Reizquelle, starke Erschütterungen hingegen Bewegung von ihr weg, positiver und negativer Thigmotropismus.

Das diffuse Tageslicht wirkt positiv, das direkte starke Sonnenlicht hingegen negativ tropisch. In jenem verhalten sich die Organismen lichtfreundlich, photophil, in diesem lichtfeindlich, photophob. Bei einer gewissen Lichtstärke hingegen zeigen sie sich weder photophil noch photophob. Sie sind also auf eine bestimmte Lichtstärke gestimmt, die nicht nur bei verschiedenen, sondern unter Umständen bei derselben Protozoenform verschieden sein kann. Straßburger hat die Erscheinung, daß die Protozoen auf verschiedene Lichtintensität verschieden reagieren, mit dem Namen Photometrie bezeichnet.

---

[1]) M. Verworn, Die polare Erregung der Protisten durch den galvanischen Strom. Pflüg. Arch., B. 45, 1889. Verworn, Psycho-phys. Protisten-Studien, Jena 1889. Verworn, Allgemeine Physiologie, Jena 1895. Vgl. auch die in diesen Schriften angeführte reichhaltige Literatur: Aderhold, Baranetzki, Brandt, Driesch, Entz, Engelmann, Hofmeister, Hermann, Jensen, Loeb, Oltmanns, Pfeffer, Stahl, Straßburger u. a.

[2]) Besser als tropische Wirkung wäre der Ausdruck kinetische Wirkung; für den positiven Tropismus Proskinesis und für den negativen Tropismus Apokinesis. Aber da die Ausdrücke positiver und negativer Tropismus sich schon eingebürgert haben, wollen wir sie beibehalten, sie aber zum Unterschied von den richtenden, den taktischen Wirkungen, nur für die vorwärts bewegenden Wirkungen gebrauchen.

Tropisch wirken alle Reizarten: Chemikalien, die Nahrungsmittel, ruhiges und fließendes Wasser, Licht, Wärme, Elektrizität, Berührung, die Schwerkraft. Man hat dementsprechend auch die verschiedenen Namen Chemo-, Tropho-, Hydro-, Rheo-, Photo-, Thermo-, Galvano-, Thigmo-, Baro-, Geotropismus. Aber nicht bloß Richtung und Stärke des Reizes ist von Einfluß auf die Bewegung, sondern bei Lichtstrahlen auch die Qualität, also die Art der Farben. Für die positiv tropischen Erscheinungen bei den Diatomeen sind wegen ihrer Sauerstoff erzeugenden Wirkung die langwelligen Strahlen, rot und orange, die wirksamsten; für die phototaktischen Erscheinungen jedoch die kurzwelligen Strahlen, blau und violett. Auch die Art der Lichtstrahlen ist von Bedeutung. Tappeiner fand, daß fluoreszierendes Licht die Lebenstätigkeit einzelner Wesen (z. B. der Infusorien) beeinträchtigt und bei längerer Einwirkung zum Zerfall des Körpers führt.[1])

Die auf den Reiz folgenden Bewegungen sind im allgemeinen zweckmäßig. Sie führen zur Ausnützung eines nützlichen, oder zur Abwehr eines schädlichen Reizes; aber nur im allgemeinen. In besonderen Fällen können sie auch schädlich wirken. Reizt man[2]) z. B. Spirostomum ambiguum und Stentor polymorphus durch Berührung mit einem Stäbchen oder durch Kochsalz am vorderen Körperende, so schwimmt das Tier nach rückwärts, entfernt sich also aus dem Bereiche des schädlichen Reizes. Dann biegt es den Vorderkörper nach der Seite und schwimmt nun wieder, also in anderer Richtung als ursprünglich, nach vorn. Reizt man aber das hintere Körperende so ist der Erfolg derselbe, das Tier schwimmt nach rückwärts, also gerade gegen den schädlichen Reiz hin, und dann erst schwimmt es, wenn es durch den schädlichen Reiz nicht getötet worden ist, seitlich weiter. Auch seitliche Berührung und sogar ein allgemeiner Reiz, wie etwa Erschütterung des Behälters und also des ganzen Tieres, hat denselben Erfolg, zuerst Rückwärts- dann Seitwärtsbewegung. Hier also wird der Reiz, aus welcher Richtung immer er kommt, gleichmäßig, monoton beantwortet. Diese Monotonie erweist sich als zweckmäßig, weil das Tier beim Vorwärtskriechen den Hindernissen und schädlichen Reizen, die sich ihm entgegenstellen, zweckmäßig aus-

[1]) Vortrag, gehalten auf dem medizinischen Kongresse in München, April 1904.

[2]) Jenings, Reaktionen der einzelligen Organismen auf Reize, The American Naturalist, 1899, Vol. XXXIII., p. 373.

weicht und derartige hindernde Reize ja eben viel häufiger das vordere Körperende treffen als das hintere; denn das vordere Körperende tritt in neue unbekannte Regionen ein, während der hintere Körper sich in den von dem vorderen Körperende schon erprobten unschädlichen Regionen nachbewegt. Wirkt nun trotzdem einmal ein Reiz auf das hintere Körperende, dann allerdings erweist sich die im allgemeinen zweckmäßige Monotonie als schädlich. Das tatsächliche Angreifen der meisten Reize auf das vordere Körperende hat bei diesen Infusorien sogar schon eine gewisse Lokalisierung der Reizempfänglichkeit im vorderen Körperende herausgebildet. Schneidet man nämlich das Tier der Quere nach durch, so verhält sich das vordere Stück dauernd wie das ganze Individuum, das hintere aber nur kurze Zeit. Bald gerät letzteres in unregelmäßige ungeordnete Hin- und Herbewegungen. Also nur das vordere Körperende löst die monotonen aber zweckmäßigen Bewegungen regelmäßig aus.

Auf einzelne Formen beschränkte Reizwirkungen sind die Erscheinungen an den Vacuolen und Trichocysten, die bei chemischen Reizen deutlich hervortreten. Bei Anwendung von Alkaloiden dehnt sich nach Roßbach die Vacuole sehr stark aus und steht schließlich still. Ebenso wirken Kohlensäure und Mangel an Sauerstoff. Die Erscheinung an Trichocysten kann man besonders schön bei Paramaecium beobachten.[1]) Wenn sich der Körper zusammenzieht, tritt aus jeder Trichocyste ein Flüssigkeitsstrahl hervor, der bei der Berührung mit Wasser sofort erstarrt. Von der Trichocyste selbst ist nach der Zusammenziehung nichts mehr zu bemerken.

Eine besondere Gruppe von Erscheinungen bilden die Wirkungen andauernder Reize, nämlich 1. Anpassung an den Reiz; 2. veränderte Reizbarkeit, Ermüdung und Erschöpfung; 3. Lähmung; 4. Aufhören aller Lebenserscheinungen und Zerfall des Körpers, Tod.

Die Reizbewegungen erweisen sich im allgemeinen als nützlich. Sie haben den Zweck, die Reize, die für die Erhaltung des Lebens von Bedeutung sind, auszunutzen oder schädliche Reize abzuhalten. Nur chemische Reize, und zwar ausschließlich solche, denen die Organismen im gewöhnlichen Leben nicht ausgesetzt sind, lösen mitunter schädliche Bewegungen aus. Die Kontraktionsbewegungen der nackten Protoplasmamassen haben den Zweck, die

---

[1]) Verworn. Psycho-physiol. Protisten-Studien, S. 101; Massart, Untersuchungen über die niederen Organismen, Rec. de L'Inst. Bot. (Univ. d. Bruxelles) T. V., 1902.

schädliche Einwirkung des Reizes auf das Protoplasma durch Einziehen der Pseudopodien oder durch Verringerung der Oberfläche infolge der allmählichen Annahme der Kugelgestalt abzuschwächen. Noch wirksamer sind die Bewegungen der Flagellaten und Ciliaten, denn diese können durch Beschleunigung oder durch Richtungswechsel der Geißel- und Wimperbewegung oder durch Sprung- und Schnellbewegungen oder endlich durch Zusammenziehung der Myoide ihren Körper dem Wirkungskreise schädlicher Reize ganz entziehen. Demselben Zwecke dienen auch die negativ tropischen Bewegungen. In gewissen Fällen jedoch, wenn der Reiz eine größere räumliche oder zeitliche Ausdehnung hat, kann sich ihm das Tier nicht schnell genug entziehen, dann treten Anpassungserscheinungen auf, z. B. die Anpassung in mehr oder weniger konzentrierten Salzlösungen, die verschiedene Lichtstimmung von Formen, die in Medien von verschiedener Lichtstärke leben, die Anpassung der Sprungwimpern und Myoide an höhere Wärmegrade u. a. Eine andere Art der Anpassung zeigen Ciliaten gegen mechanische Reize. Die Reizbarkeit wird allmählich durch häufige Reize bedeutend gesteigert. Treten jedoch ungünstige Umstände ein, allzulange Dauer des Reizes, bedeutende Stärke desselben, Unmöglichkeit, sich ihm zu entziehen, Unfähigkeit, sich ihm anzupassen, dann tritt Ermüdung und Erschöpfung ein, der Reizerfolg wird bei gleichbleibender Reizstärke immer geringer. Der Enderfolg ist also vorübergehende Unfähigkeit, auf Reize zu reagieren oder völliges Aufhören der Lebenstätigkeit, der Tod und endlich der Zerfall des Körpers.

Vergleichen wir die Wirkungen verschiedener Reize, so zeigt sich uns eine wichtige Tatsache. Reize verschiedener Qualität, chemische, thermische, elektrische, mechanische, veranlassen eine Amöbe in gleicher Weise zur Einziehung ihrer Pseudopodien und zur Annahme der Kugelgestalt oder ein Infusorium zu beschleunigter Bewegung der Geißeln und Wimpern oder bewirken die Zusammenziehung der Myoide. Wir sehen somit, daß das Gesetz der spezifischen Energie, das J. Müller nur für die mit Sinnesorganen ausgestatteten höchsten Organismen aufgestellt hat, auch schon für die niedersten Organismen gilt, die noch keine Sinnesorgane und kein Nervensystem haben, es gilt eben für die lebende Substanz überhaupt. Innerhalb gewisser Grenzen rufen verschiedenartige Reize an der gleichen Tierform, sofern sie überhaupt aufgenommen werden, die gleichen Erscheinungen

hervor und umgekehrt, dieselbe Art von Reizen ruft an verschiedenen Tierformen, sofern sie überhaupt aufgenommen werden, eine verschiedene und für jede Form charakteristische Wirkung hervor.[1])

Vergleichen wir die Reizbewegungen mit den anscheinend spontanen, so sehen wir, daß Reize nur solche Bewegungen auslösen, die im normalen Leben auch ohne sichtbare äußere Ursachen erfolgen. Scheinbar von selbst, aber auch infolge von Reizen streckt die Amöbe ihre Pseudopodien aus und zieht sie wieder ein, bewegen sich die Geißeln und Wimpern der Flagellaten und Ciliaten bald schneller, bald langsamer, bald ändern sie die Richtung ihrer Schläge und kontrahieren sich die Myoide eines Stentors. Dabei zeigt sich folgende auffallende Tatsache. So mannigfach auch das Spiel der Bewegungen bei den Urtieren erscheint, so zeigt sich bei genauer Beobachtung doch, daß die Urtiere, selbst die höchsten, nur über eine ganz beschränkte Zahl von verschiedenen Bewegungen, oft nur über zwei verfügen, die ohne jede Veränderung in ihrer typischen Form immer wiederkehren, entweder in wechselnder Aufeinanderfolge oder auch gleichzeitig in verschiedener Weise kombiniert.[2])

C. Entscheidung der Frage, ob den Urtieren Bewußtsein zukommt.

Die Ansichten über das Seelenleben der Urtiere sind ungemein verschieden. Sie bewegen sich zwischen zwei Gegensätzen. Die einen sprechen ihnen ein hochentwickeltes Seelenleben, Empfindung, Wahrnehmung, Vorstellung, Erinnerung, Gefühl und Willen zu (Engelmann, Eimer, Entz, Haeckel, Moebius, Romanes, Schneider, O. Schmidt, Schultze, Wundt), die anderen aber sprechen ihnen bewußte Seelenerscheinungen überhaupt ab (Flügel, Perty, Verworn).

Diese Meinungsverschiedenheit hat einen doppelten Grund. Der erste ist die Verschiedenheit in der Auffassung des Psychischen, je nachdem man nämlich den Begriff Seele in dem gewöhnlichen Sinne als den Träger der psychischen Erscheinungen oder in viel weiterer Bedeutung als gleichwertig mit dem Begriff Leben auffaßt und je nachdem man den Stoff überhaupt für beseelt hält oder die Beseelung auf bestimmte organische Wesen beschränkt. Der zweite

[1]) Verworn, Allg. Physiologie, Jena 1895, S. 461.

[2]) Verworn, Psycho-phys. Protisten-Studien, Jena 1889, S. 33.

Grund liegt in der Verschiedenheit der Ansichten über die Kennzeichen des Psychischen bei Tieren.

Wir nehmen den Begriff Seele in dem gewöhnlichen engeren Sinne und schreiben Beseelung nicht der Materie überhaupt, sondern nur bestimmten organischen Wesen zu. Unsere Ansichten über die Erkennungsmittel des Psychischen haben wir in der Einleitung auseinandergesetzt und können nun ohneweiters daran gehen, nach den dort aufgestellten Grundsätzen zu untersuchen, ob wir den Urtieren Bewußtsein zusprechen müssen oder nicht. Daß die Frage einer nochmaligen genaueren Untersuchung bedarf, zeigt eben jene Meinungsverschiedenheit.

Ein Nervensystem oder auch nur einzelne Nervenzellen fehlen den Urtieren vollständig. Der Analogieschluß von anatomischen Einrichtungen derselben Art wie beim Menschen auf psychische Erscheinungen derselben Art ist daher nicht zulässig. Aber auch die Organoide, die, ohne nervöser Natur zu sein, noch am ehesten als Sinnesorgane oder wenigstens als Organe zur Aufnahme bestimmter Reize bezeichnet werden könnten, wie das sogenannte Auge bei Euglena, die Geißeln und Wimpern bei den Flagellaten und Ciliaten und die Mundtentakeln bei Mesodinium, lassen diesen Schluß nicht zu. Das Auge bei Euglena haben wir als ein photochemisches Hilfsorgan der Assimilation erklärt. Ist diese Deutung richtig, so haben wir keinen Grund, anzunehmen, daß die Tätigkeit dieses Organes mit Bewußtsein verbunden ist, ebensowenig wie es die des Chlorophylls in den Pflanzen und in Euglena selbst ist. Ob die Bewegungen der Geißeln, Wimpern und Mundtentakeln bewußt sind, wird sich zeigen, wenn wir nun der Reihe nach die Lebenserscheinungen der Urtiere, wie wir sie in den vorhergehenden Abschnitten beschrieben haben, einer genauen Untersuchung auf ihren psychischen Wert unterziehen.

1. Die Erscheinungen des Energiewechsels.

Von allen Lebenserscheinungen der Protozoen erwecken die verschiedenartigen Bewegungen am meisten den Anschein, bewußt zu sein. Wir besprechen deshalb sie zuerst. Die Reizbewegungen der Protozoen sind durchaus Reflexbewegungen, denn sie beantworten jeden Reiz in stets gleichmäßiger Weise mit maschinenmäßiger Gesetzmäßigkeit[1]) und sind, wenigstens soweit sie durch Reize aus-

[1]) M. Verworn, Psycho-physiol. Protisten-Studien, 437.

gelöst werden, mit denen die Protozoen im normalen Leben überhaupt in Berührung kommen, von genereller Zweckmäßigkeit für die Erhaltung des Lebens. Das Ausstrecken der Pseudopodien bei Einwirkung von Sauerstoff oder bei Wärme- und Berührungsreizen von bestimmter Stärke erfolgt immer in derselben Weise und ist von Nutzen für den Organismus; denn durch das Ausstrecken der Pseudopodien wird die Oberfläche vergrößert und also dem Organismus in derselben Zeit mehr Sauerstoff und Wärme zugeführt als bei kleinerer Oberfläche. Das Ausstrecken der Pseudopodien bei schwachen Berührungsreizen ermöglicht überhaupt die Fortbewegung und somit auch das Wandern des Tieres in andere von Nährstoffen noch nicht entblößte Stellen des Mediums, in dem sie leben, also das Auffinden der Nahrung. Das Einziehen der Pseudopodien bei chemischen, mechanischen, elektrischen, thermischen und plötzlichen Lichtreizen erfolgt jedesmal genau unter denselben Begleiterscheinungen und ist durch die Verkleinerung der dem schädlichen Reize ausgesetzten Oberfläche für den Organismus von Vorteil.

Noch mehr als die Bewegungen der Pseudopodien tragen die Bewegungen der Geißeln und Wimpern, der Mundtentakeln und Myoide bei Einwirkung von chemischen, mechanischen, elektrischen, thermischen und photischen Reizen den Charakter von Reflexbewegungen an sich. Sie erfolgen ohne die geringste Abweichung stets in gleicher Weise und meist mit einer solchen Schnelligkeit, daß für das Entstehen einer bewußten Empfindung und die Auslösung einer entsprechenden Willensentscheidung gar keine meßbare Zeit vorhanden wäre.[1]) Und alle diese Bewegungen haben den Erfolg, daß sie den Organismus in den Bereich einer nützlichen oder aus dem Bereich einer schädlichen Reizart bringen.

Unter allen Reizbewegungen gewinnen die taktischen und tropischen am meisten den Anschein, als ob sie mit Bewußtsein erfolgen würden, denn die positiv tropischen Bewegungen zur Reizquelle hin sowie die negativ tropischen von der Reizquelle hinweg können leicht die Vermutung aufkommen lassen, daß die Protozoen angenehme und unangenehme Empfindungen haben und sich deshalb zur Reizquelle hin oder von ihr hinweg bewegen und doch sind auch diese Bewegungen nur Reflexe. Auch sie erfolgen mit unabänderlicher Regelmäßigkeit und sind nicht individuell, sondern generell zweckmäßig. Nur bei Bewegungen auf solche Reize, denen das Tier

[1]) M. Verworn, a. a. O., 137.

im gewöhnlichen Leben gar niemals ausgesetzt ist, fehlt die generelle Zweckmäßigkeit. Der galvanische Strom z. B. wirkt taktisch und positiv tropisch, denn Paramæcien richten sich mit dem vorderen Körperende gegen die Kathode und schwimmen zu ihr hin, auch dann, wenn sich, wie es bei der Anwendung von Kupferelektroden der Fall ist, ein Hof von giftigen Zersetzungsstoffen gebildet hat, welche den Organismus in kurzer Zeit töten. Eine generelle, also phylogenetisch erworbene Zweckmäßigkeit können diese Bewegungen überhaupt nicht zeigen, weil eben eine derartige Zweckmäßigkeit bei Reizen, die im gewöhnlichem Leben auf das Tier niemals einwirken, gar nicht erworben werden kann.[1])

Noch mehr als die Reizbewegungen machen die sogenannten spontanen Bewegungen auf den Beobachter den Eindruck, als ob sie aus bewußter Absicht erfolgen würden und doch ist das nicht der Fall, denn ihre Spontaneität ist nur eine scheinbare. In Wirklichkeit sind sie Reflex- oder Impulsivbewegungen verschiedener Art. Äußere Reize, wie Berührung der Protozoen mit anderen Gegenständen und mit dem Medium, Temperatur- und Beleuchtungsunterschiede, Änderungen im Salzgehalte des Wassers, ferner innere Reize, wie die Vorgänge der Assimilation und Dissimilation, Überfluß oder Mangel an Nahrung usw., lösen Bewegungen aus, die uns nur deshalb als spontan erscheinen, weil sich der Reiz unserer Beobachtung entzieht. Diese Bewegungen machen auch nicht den Eindruck des maschinenmäßigen, monotonen, weil bei dem fortwährenden Wechsel jener Reize die verschiedenen Reaktionsbewegungen, deren das Urtier überhaupt fähig ist, das Einziehen und Ausstrecken der Pseudopodien, die Kontraktion und Expansion der Geißeln, Wimpern und Myoide in unregelmäßigem Wechsel aufeinanderfolgen. Und eben dieser fortwährende Wechsel in der Aufeinanderfolge der Bewegungen macht den Eindruck, als ob sie den Bedürfnissen des Augenblickes entsprungen, also nicht generell, sondern individuell zweckmäßig und somit beabsichtigt wären.

Eine genaue Beobachtung dieser Bewegungen zeigt jedoch, daß auch sie monoton und generell zweckmäßig sind. Zunächst zeigt sich, daß jedes Urtier nur über eine ganz geringe Anzahl von scheinbar willkürlichen Bewegungen verfügt.

---

[1]) Das ist wohl auch der Grund dafür, daß sich nach Verworn (Physiol., I. Auflage, 413 f.) für polare Erregungen der lebenden Substanz durch den galvanischen Strom kein allgemein geltendes Gesetz aufstellen läßt.

Jede Rhizopodenform hat nur eine einzige Bewegung, die der Pseudopodienbildung. Bei Flagellaten und Ciliaten wechseln 2, 3 oder 4 Bewegungsarten miteinander ab. So z. B. können wir bei Lacrymaria olor 3 Arten von Bewegungen beobachten:

1. Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung des ganzen Körpers durch den Schlag der Wimper in der einen oder andern Richtung;

2. Verlängerung oder Verkürzung des Körpers durch gleichmäßige Zusammenziehung der Myoide;

3. seitliche Bewegungen des Körpers durch einseitige Zusammenziehung der Myoide. Diese drei Arten von Bewegungen in verschiedener Aufeinanderfolge und Zusammensetzung erzeugen das anscheinend willkürliche Spiel der Bewegungen. Jede einzelne dieser Bewegungen aber wird unter allen Verhältnissen immer genau in derselben Weise ausgeübt, ist also monoton. Und beobachtet man das Spiel der Bewegungen bei demselben Individuum längere Zeit hindurch, so erscheinen einem auch so komplizierte Bewegungen, wie eben das unaufhörliche Tasten der Lacrymaria mit ihrem Rüssel, schon fast als rhythmisch, also als monoton.[1]) Wären diese Bewegungen nicht generell, sondern den Bedürfnissen des Augenblickes entsprechend individuell zweckmäßig, dann müßten sie entsprechend den geänderten jedesmaligen Umständen auch Änderungen in ihrem Ablaufe zeigen, oder es müßte gelegentlich auch eine neue Bewegungsart oder doch eine augenblickliche Anpassung der einzelnen Bewegungen an die geänderten Verhältnisse eintreten. Das ist jedoch nicht der Fall. „Man kann in dieser Hinsicht den Protistenorganismus mit einer Spieluhr vergleichen, die nur auf ein oder wenige Stücke eingerichtet ist. Eine solche Spieluhr kann kein anderes Stück spielen als die ihr eigenen, unter denen sie nur wechseln kann, je nachdem die Walze für das eine oder andere Stück eingeschaltet wird".[2]) Das Kriechen nackter Protoplasmamassen, wie der Amöben, wie es oben beschrieben wurde, die Bewegungen der Flagellaten und Ciliaten, das Umschlagen ihrer Bewegungen in die entgegengesetzte Richtung, das Herumlaufen der hypotrichen Ciliaten auf einer Unterlage, das scheinbare Suchen und Tasten von Uroleptus und Urostyla, das Zusammenzucken von Stentor, Vorticella und anderen mit Myoiden versehenen Infusorien; alle diese Bewegungen, so sehr sie auch den Eindruck des Spontanen,

[1]) M. Verworn, a. a. O., 143.
[2]) M. Verworn, a. a. O., 142.

Planmäßigen, Bewußten machen, lassen sich ungezwungen in derselben Weise wie die Bewegungen von Lacrymaria olor als einfache oder zusammengesetzte Reflexe oder als Impulsivbewegungen erklären und deshalb haben wir keinen Grund, sie als bewußt zu betrachten. Und auch die zwei Beobachtungen Engelmanns an Vorticellenknospen lassen sich auf diese Weise erklären. Daß die Knospe in der Nähe einer festsitzenden Vorticella ihre Richtung veränderte, erklärt sich daraus, daß sich das Wasser in der Nähe der festsitzenden Vorticella infolge des Wimperschlages in strömender Bewegung befindet und somit die Knospen rein passiv zur festsitzenden Vorticella hinzieht. Das Herumtanzen und Herumkriechen der Vorticella war nun nichts weiter als eine Wirkung der von der Vorticella ausgehenden Berührungsreize gerade wie das Herumlaufen hypotricher Ciliaten auf einer Unterlage. Die zweite Beobachtung Engelmanns erklärt sich noch leichter: Die schwärmende Knospe wurde durch die von der freischwimmenden Vorticella verursachte Wasserströmung passiv mitgerissen und mußte ihr mit nahezu gleicher Geschwindigkeit folgen. Als nun die Vorticella eine plötzliche Wendung machte, konnte die Knospe diese Wendung nicht mitmachen, sondern mußte nach dem Gesetze der Trägheit mit der von dem Wasserstrom erhaltenen Geschwindigkeit ihren Weg geradlinig fortsetzen, gelangte so aus dem Bereiche des Wasserstromes und konnte nun ihren eigenen Weg einschlagen.

Eine Gruppe von anscheinend spontanen Bewegungen jedoch läßt sich nicht so leicht als Reflex erklären. Stentor macht Zuckungen in unregelmäßigen Zwischenräumen, also nicht in monotoner Weise. Ebenso springt Halteria in ganz unregelmäßigen Zwischenräumen im Wasser umher. Euplotes setzt beim ruhigen langsamen Gehen bald die eine, bald die andere Bauchwimper vor, regellos und unperiodisch zwischen ihnen abwechselnd. Der Wechsel im Ablaufe dieser Bewegungen könnte leicht als ein Beweis erklärt werden, daß sie bewußte Willensäußerungen sind. Allein ein solcher Schluß wäre nur dann zulässig, wenn wir jene Bewegungen als individuell zweckmäßig bezeichnen könnten. Das ist jedoch nicht der Fall, sie erscheinen uns als völlig zwecklos und auch die genaueste Beobachtung kann nicht erkennen, daß sie einen besonderen, den Bedürfnissen des Augenblickes entsprechenden Zweck verfolgen. Diese Bewegungen sind somit nicht individuell zweckmäßig. Wegen ihres wechselnden Ablaufes und ihrer Zwecklosigkeit müssen wir

sie als Impulsivbewegungen betrachten und wir haben deshalb auch keinen Grund, sie als bewußte Willensäußerungen zu erklären. Da wir somit alle spontanen und Reizbewegungen als Reflexe oder Impulsivbewegungen erklären können und solche Bewegungen bei uns selbst unbewußt sind, haben wir keinen Grund, die Bewegungen der Urtiere als bewußt zu betrachten.

Noch weniger ist dies bei den übrigen Erscheinungen des Energiewechsels der Fall. Die Erzeugung von Licht, das Leuchten mancher Urtiere ist zwar noch nicht hinreichend aufgeklärt, aber soviel von dieser Erscheinung bekannt ist, zeigt sie den Charakter des Reflexes. Das Leuchten erfolgt auf chemische und mechanische Reize immer in derselben Weise und da die leuchtende Substanz nur im Stoffwechsel der lebenden Zelle erzeugt wird und leuchtende Zellen ungemein viel Sauerstoff verbrauchen, liegt die Vermutung nahe, daß die leuchtende Substanz ein Organ zur Aufnahme von Sauerstoff, also ein Hilfsorgan der Atmung ist, welche Vermutung noch dadurch bestätigt wird, daß nach M. Schulze[1]) die Leuchtzellen der Leuchtkäfer immer mit den Tracheen in engster Berührung stehen. Jedenfalls ist die Bedeutung des Organs für das Leben keine individuelle, sondern eine phylogenetische generelle. Wir haben also keinen Grund, die Erzeugung von Licht als eine bewußte Erscheinung zu betrachten.

Die rhythmische Bewegung der kontraktilen Vacuolen erfolgt sowohl im normalen Verlaufe als auch bei Einwirkung von Reizen monoton und trägt ganz den Charakter der automatischen Bewegungen an sich und kann also gerade wie diese als unbewußt betrachtet werden.

Die Bedeutung der Trichocysten ist noch nicht bekannt. Die Deutung als Tast每stäbchen hat lediglich den Wert einer unbegründeten Vermutung. Die Beobachtung von M. Verworn und Massart, daß die Trichocysten nie spontan oder bei Berührung mit anderen Organismen heraustreten, sondern nur auf künstliche Reize durch allerlei Reagenzien, widerspricht dieser Deutung. Das Heraustreten der in Berührung mit dem Wasser sofort erstarrenden Flüssigkeitsfäden bei starker Pressung erfolgt rein passiv, also auf keinen Fall mit bewußter Absicht. Massart bezeichnet den ganzen Vorgang von der Reizung bis zum Heraustreten der Stäbchen als einen Reflex.

[1]) M. Schulze, Zur Kenntnis der Leuchtorgane von Lampyris splendidula. Im Arch. f. mikrosk. Anatomie, B. I.

2. *Die Erscheinungen des Stoff- und Formwechsels.*

Von den Erscheinungen des Stoffwechsels sind einige, wie Assimilation und Dissimilation infolge der aufgenommenen Nahrung und die Ausscheidung klebriger Stoffe in den Pseudopodien bei Rhizopoden infolge mechanischer Reize Reizwirkungen, die immer in derselben Weise erfolgen und generell zweckmäßig, also rein reflektorischer Natur sind und deshalb als unbewußte Erscheinungen betrachtet werden müssen.

Viel eher könnten die Vorgänge bei der Aufnahme der Nahrung den Anschein bewußter Willensäußerungen erwecken. Die Aufnahme der Nahrung bei Amöben und ähnlichen Rhizopoden jedoch erfolgt rein mechanisch. Das erkennt man am besten daraus, daß nicht bloß Stoffe aufgenommen werden, die wirklichen Nährwert haben, sondern überhaupt alle Stoffe, die dem Tiere in den Weg kommen, Schlammteilchen, Sandkörner, Glassplitter usw. Eine bewußte Auswahl findet nicht statt. Und selbst bei jenen Rhizopoden, die nur Nahrung von bestimmter Beschaffenheit aufnehmen und sie aufzusuchen scheinen, wie bei Vampyrella, ist die Annahme einer bewußten Auswahl nicht gerechtfertigt; denn gerade die Gleichmäßigkeit, mit der Vampyrella ihr ganzes Leben lang nur Algen anbohrt, zeigt, daß keine freie Auswahl stattfindet, daß vielmehr dieses scheinbare Aufsuchen bestimmter Nahrung in Wirklichkeit reflektorischer Natur ist. Es sind Erscheinungen des positiven Tropho- und Chemotropismus und als solche sind sie ebensowenig bewußt wie die entsprechenden Erscheinungen bei Pflanzen. Andere Urtiere suchen die Nahrung nicht auf, sondern halten lebende Organismen, die mit den Pseudopodien gelegentlich in Berührung kommen, mittels des von den Pseudopodien ausgeschiedenen klebrigen Stoffes fest. Daß nur lebende Organismen aufgenommen werden, erweckt den Anschein einer zweckbewußten Handlung. Aber Versuche von M. Verworn [1]) haben gezeigt, daß nicht bloß lebende Organismen, sondern unter ganz denselben Erscheinungen auch leblose Körper, wie z. B. ein Fäserchen von Fließpapier oder ein Härchen, festgehalten und in das Pseudopodium aufgenommen werden, sofern diese Körper nur durch sanftes Blasen oder Stoßen in steter Bewegung bleiben. Alles was die Pseudopodien mechanisch reizt, einerlei ob es belebt oder unbelebt, verdaulich oder unver-

---

[1]) M. Verworn, a. a. O., 148,

daulich ist, wird von dem Tiere festgehalten und in das Protoplasma aufgenommen. Die wirkliche Ursache dafür, daß unter natürlichen Verhältnissen gerade nur lebende Organismen festgehalten werden, ist also nicht bewußte Auswahl, sondern die reflektorische Ausscheidung klebriger Stoffe und die Zurückziehung der Pseudopodien infolge der mechanischen Reize der sich bewegenden und dadurch frei zu machen bestrebten Organismen.

Auch bei den mit wohlgebildeter Mundöffnung versehenen Ciliaten macht die Nahrungsaufnahme den Anschein bewußter Auswahl, insbesondere deshalb, weil nicht alles, was in den durch die Bewegung der Mundwimpern erzeugten Wasserstrudel gerät, in die Mundöffnung kommt. Das erweckt leicht den Anschein, als ob ungenießbare Gegenstände mit bewußter Absicht aus dem Strudel hinausgeschleudert würden. Zunächst jedoch ist schon unklar, wie das Tier erkennen soll, ob ein in den Strudel gelangtes Körperchen verdaulich oder unverdaulich ist, bevor es noch mit dem Körper selbst in Berührung gekommen ist. Dann aber zeigt die genauere Beobachtung,[1]) daß manche Körper nur deshalb von dem Strudel nicht ergriffen werden, sondern gleichsam verschmäht liegen bleiben, weil sie zu schwer sind, wie z. B. Sandkörnchen; daß ferner manche in den Strudel gelangten Körper nicht in die Mundöffnung gelangen, weil sie zu groß sind; kommen sie in Berührung mit den Mundwimpern, so verursachen sie infolge des mechanischen Reizes einen momentanen Stillstand der Wimpern und werden nun entweder durch eine Zuckung oder durch den Wiederbeginn der normalen Wimperbewegung hinweggeschleudert. Endlich zeigt sich, daß auch von kleineren und nicht zu schweren Körpern sowohl verdauliche als auch unverdauliche bei der Mundöffnung vorbei oder in sie hineingeschleudert werden, je nach der Richtung des Strudels. Eine Auswahl findet nicht statt.

So also stellt sich heraus, daß die Vorgänge bei der Aufnahme von Nahrungsstoffen teils Reflexe (positiver Chemo-, Tropho- und Thigmotropismus), teils eine mechanische unbeabsichtigte Folge der rhythmischen Bewegungen der Mundwimpern sind. Die sogenannte Auswahl der Nahrungsstoffe ist also kein bewußter, sondern ein völlig unbewußter Vorgang.

Von den Erscheinungen des Formwechsels entziehen sich die Erscheinungen der phylogenetischen Entwicklungsreihe, Anpassung

[1]) M. Verworn, a. a. O., 149.

und Vererbung, unserer Beobachtung und also auch der auf Beobachtung beruhenden Beurteilung, ob bei ihnen psychische Erscheinungen mitgewirkt haben oder nicht. Von den Erscheinungen der ontogenetischen Entwicklungsreihe, Wachstum und Vermehrung, können wir die erstere, das Wachstum, auf Grund eines Analogieschlusses nach den Erfahrungen an uns selbst als unbewußt betrachten. Auch die einfachen Formen der Vermehrung, Teilung, Sporenbildung und Knospung können wir, weil sie nichts anderes als Erscheinungen des Wachstums über das individuelle Maß hinaus sind, als unbewußte Vorgänge auffassen. Am ehesten noch könnte man sich verleitet fühlen, den komplizierten Vorgang der Konjugation als bewußt zu erklären. Allein auch bei den höchsten Formen der Urtiere erfolgt die Konjugation so gleichmäßig und zweckentsprechend, daß die Annahme der Mitwirkung eines psychischen Faktors ebensowenig notwendig ist, als bei allen anderen Reflexerscheinungen. Auch das Abtrennen der Vorticella von der Kolonie kann leicht den Anschein erwecken, als ob ein Willkürakt mitgewirkt hätte, besonders weil die Ablösung der einzelnen Individuen trotz der gleichen Lebensbedingungen für den ganzen Stock doch nicht gleichmäßig erfolgt. Frenzel meint, wenn die Ablösung eine Reflexerscheinung wäre, so müßte dieser Reflex in der ganzen Kolonie in gleichem Grade wirken und da dies nicht der Fall ist, schließt er auf eine bestimmte Absicht, einen bestimmten Willen des einzelnen Tieres; das eine mag mehr Sorge um sein Leben haben als ein anderes, dem einen mag die ungestörte Nahrungsaufnahme wichtiger erscheinen als dem andern u. dgl. Als Reflex kann die Loslösung der Vorticella allerdings nicht betrachtet werden, da äußere Reize, welche die Loslösung bewirken, nicht wahrgenommen werden können. Aber die Loslösung erklärt sich am einfachsten als eine Stufe in der ontogenetischen Entwicklungsreihe des Tieres, gerade so wie das Ausschlüpfen des Insektes aus der Puppe. Wenn die junge Vorticella das nötige Alter erreicht und damit die nötige Menge von Energie in sich aufgestapelt hat, erfolgt die Loslösung aus rein inneren physiologischen Gründen, also rein impulsiv, ohne daß dazu ein Willkürakt notwendig wäre.

Eine Erscheinung, die mit dem Vorgange der Teilung in Verbindung steht und deshalb hier besprochen werden soll und die viel dazu beigetragen hat, den Urtieren ein bewußtes Seelenleben zuzuschreiben, ist der Gehäusebau bei vielen Rhizopoden. Der Um-

stand nämlich, daß bei der einen Form das Gehäuse aus Diatomeenschalen, bei einer andern aus kleinen, bei einer dritten aus großen Sandkörnchen besteht, hat verschiedene Forscher [1]) zur Annahme bewogen, daß die Organismen unter dem ihnen zu Gebote stehenden Material eine bewußte Auswahl treffen. Allein die Untersuchungen von Verworn [2]) haben gezeigt, daß die Aufnahme des Materials rein reflektorisch erfolgt. Verworn hielt Exemplare der ziemlich großen Difflugia urceolata in Uhrschälchen und setzte dem Wasser eine Quantität sehr fein pulverisierten gefärbten Glases zu. Bei ruhigem Wasser kriechen die Difflugien ruhig zwischen den Glassplittern umher, ohne einige von ihnen aufzunehmen. Wird jedoch das Wasser erschüttert, so treten die charakteristischen Reizwirkungen auf: Es sondern sich klebrige Stoffe ab und diese halten die Glassplitterchen fest, die dann beim Einziehen der Pseudopodien mit in das Innere des Protoplasmas hineingezogen werden. Aus dieser Art der Aufnahme des Baumaterials geht hervor, daß eine bewußte Auswahl dabei nicht stattfindet. Zu große Stückchen können zwar an den Pseudopodien kleben bleiben, reißen sich aber wegen ihrer Schwere von den sich zurückziehenden Pseudopodien los. Daher kommt es, daß die Sandkörnchen, die das Gehäuse der Difflugia zusammensetzen, eine gewisse Größe nicht überschreiten, wohl aber unter diesem Maximum in allen Größen vorhanden sind. Aus der verschiedenen Beschaffenheit der Oberfläche der Pseudopodien, aus der Konsistenz des Protoplasmas, der größeren oder geringeren Menge und der Zähigkeit des ausgeschiedenen klebrigen Stoffes bei verschiedenen Formen und endlich aus dem eben vorhandenen Schalenmateriale erklärt es sich, daß das Gehäuse mancher Form aus ganz bestimmtem Material gebildet wird, ohne daß dabei eine bewußte Auswahl angenommen werden müßte. Verworn hat auch nicht beobachten können, daß gerade nur soviel Baumaterial aufgenommen wird als zum Gehäusebau notwendig ist. Die Entstehung des Gehäuses aus dem aufgenommenen Schalenmaterial ist, wie wir im vorigen Abschnitt schon gehört haben, eine Begleiterscheinung

[1]) Bütschli, Die Protozoen in Bronns Klassen und Ordnung des Tierreiches, 1880; Gruber, Die Teilung der monothalamen Rhizopoden in Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. 36; Carpenter in Contemporary Review April 1873 u. a.

[2]) Verworn, a. a. O., 150 f. und Biolog. Protistenstudien in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie 1888.

des Teilungsvorganges. Daß, wie der ganze Teilungsvorgang, so auch der Gehäusebau rein reflektorischer Natur ist, folgt daraus, daß Difflugien, denen man einen Teil oder auch die ganze Schale abgetragen hat, ungestört weiter leben, auch Baumaterial in größerer Menge aufnehmen, es aber niemals zum Aufbau eines neuen Gehäuses als Ersatz für das abgetragene verwenden. Die Ablagerung des Schalenmateriales an der Oberfläche der bei der Teilung entstehenden Individuen und die Verwendung der einzelnen Stücke zum festen Ganzen durch ein von der Oberfläche des Protoplasmas ausgeschiedenes Sekret ist also ein Vorgang, der stets in derselben Weise, nämlich als Begleiterscheinung des Teilungsvorganges erfolgt, somit auch nur generelle, niemals individuelle Bedeutung hat.

So also sehen wir, daß sich alle Lebenserscheinungen, die wir bei den Urtieren überhaupt beobachten können, ungezwungen als Reflex- und Impulsivbewegungen erklären lassen; wir haben somit keinen Grund anzunehmen, daß einzelne dieser Erscheinungen mit Bewußtsein verbunden sind.

Gleich zu Eingang dieses Abschnittes haben wir gesehen, daß der Mangel eines Nervensystems oder auch nur einzelner Nervenzellen einen Analogieschluß von anatomischen Einrichtungen derselben Art wie bei uns, auf psychische Erscheinungen derselben Art wie bei uns nicht gestattet und daß auch die Organoide, die ohne nervöser Natur zu sein, als Sinnesorgane oder als Organe zur Aufnahme bestimmter Reize gedeutet werden könnten, diesen Schluß nicht zulassen. Also weder aus dem anatomischen Bau noch aus der Art der Lebenserscheinungen der Urtiere können wir annehmen, daß ihnen Bewußtsein zukommt.

3. *Wert des Bewußtseins für das Tier.*

Diese Ergebnisse werden endlich noch bestätigt, wenn wir überlegen, welchen Wert das Bewußtwerden einzelner der Lebenserscheinungen für das Tier hätte. Diese Organismen leben in den denkbar einfachsten Verhältnissen. Für eine Amöbe hat ein Wassertümpel von 10 *m* Durchmesser dieselbe Ausdehnung, wie für uns ein Land von der Größe etwa Österreichs und Deutschlands zusammengenommen. Und doch sind die Lebensverhältnisse in diesem Wassertümpel ungemein einfach und gleichartig; dasselbe Medium, längere Zeit hindurch dieselbe Temperatur, dieselben Be-

leuchtungsverhältnisse und wenigstens am Boden des Tümpels Schutz vor den Bewegungen des Wassers durch Wind und Regen. Ähnlich ist es ja auch bei allen anderen Protozoen. Das gleichmäßige Leben unter den stets gleichen und einfachen Lebensverhältnissen durch viele Millionen Generationen hindurch hat zur Abwehr oder Ausbeutung von Veränderungen in den Lebensverhältnissen, denen das Tier überhaupt ausgesetzt sein kann, die Fähigkeit zu Reaktionen ausgebildet, die entsprechend den stets gleichen Lebensverhältnissen stets in derselben Weise, also monoton erfolgen und entsprechend dem Zwecke, zu dem sie sich überhaupt herausgebildet haben, generell zweckmäßig, also rein reflektorischer Natur sind. Diese Reflexe zeigen allerdings nur eine geringe Abwechslung, aber der Organismus findet mit ihnen bei der geringen Mannigfaltigkeit von Reizen sein Auskommen. Ein Bewußtwerden einzelner dieser Lebenserscheinungen würde dem Leben dieser Organismen keinen Nutzen bringen, hätte also keinen Zweck. Und selbst gegen periodisch eintretende Änderungen der Lebensverhältnisse in großem Maßstabe sind diese Organismen durch Reflexe besser geschützt als durch bewußte Lebenserscheinungen. Das zeitweilige Austrocknen des Wassertümpels z. B. setzt viele Protozoen auf das Trockene. Hätte nun ein solches Wesen in dem viele millionenmal erfolgreich durchgeführten Kampf gegen so bedeutende Veränderungen der Lebensverhältnisse nicht die Fähigkeit erlangt, sich durch rein reflektorisch eintretende Lebenserscheinungen (Einkapselung u. dgl.) zu schützen, so müßte es zugrunde gehen, auch wenn es ein hochentwickeltes Seelenleben hätte; denn alle bewußten Reaktionen gegen das nicht adäquate Medium, in das es geraten ist, würden bei dem Mangel jener entsprechenden Reflexerscheinungen nicht dazu führen, es aus dem Bereiche des schädlichen Mediums zu bringen oder es gegen dasselbe zu schützen. Also auch die Erwägung der Frage, welche Bedeutung das Bewußtwerden einzelner Lebenserscheinungen für den Organismus hätte, veranlaßt uns nicht, den Urtieren Bewußtsein zuzuschreiben.

II. TEIL.

Die Schlauchtiere, Coelenterata.

Der zweite Stamm des Tierreiches umfaßt Tiere, die entsprechend den verschiedenen Verhältnissen, unter denen sie als zum Teil festsitzende, zum Teil freischwimmende Tiere leben, eine sehr verschiedene Höhe der Organisation erreichen, aber alle das gemeinsame Merkmal haben, daß in ihrem Körper ein innerer Hohlraum vorhanden ist, der sowohl der Verdauung als auch dem Umtriebe der verdauten flüssigen Nahrung dient, also Darm- und Gefäßsystem zugleich ist und deshalb Gastrovascularraum heißt. R. Leuckart belegte den Tierstamm nach dem allen Formen dieses Stammes und nur ihnen zukommenden inneren Hohlraum, dem Coelenteron, mit dem passenden Namen der Coelenteraten. Trotz der Mannigfaltigkeit der Formen kann man sie in 3 Hauptgruppen (Unterstämme) vereinen, die Spongiae oder Schwämme, die Cnidaria oder Nesseltiere und die Ctenophora oder Rippenquallen. Die beiden letzteren Gruppen haben das für unseren Zweck besonders wichtige gemeinsame Merkmal, daß sie die niedersten Tiere sind, bei denen mit Sicherheit ein Nervensystem nachgewiesen werden konnte. Wir werden deshalb die Schwämme noch in einem besonderen, die Nesseltiere und Rippenquallen aber in einem gemeinsamen Absatze besprechen.

I. Die Schwämme, Spongiae.

A. Der Körperbau der Schwämme.

Die Spongien oder Poriferen, deren bekanntester der Badeschwamm ist, sind an Wasserpflanzen oder Steinen festsitzende Meeresbewohner; nur verschiedene Arten der Gattung Spongilla leben im Süßwasser. Sie bilden kugelige Klumpen oder

dünne Krusten, kleine Zylinder oder aufsteigende verästelte Körper usw. Viele haben überhaupt keine bestimmte Gestalt, sondern wechseln von Individuum zu Individuum. Die einfachste Schwammform, z. B. ein Olynthus (Fig. 4), hat die Gestalt eines Schlauches, der mit dem einen Pole festgewachsen ist und am andern eine Öffnung, das Osculum, hat. Die Wände des Schlauches sind von zahlreichen Öffnungen durchbrochen und bestehen aus drei Zellschichten, dem

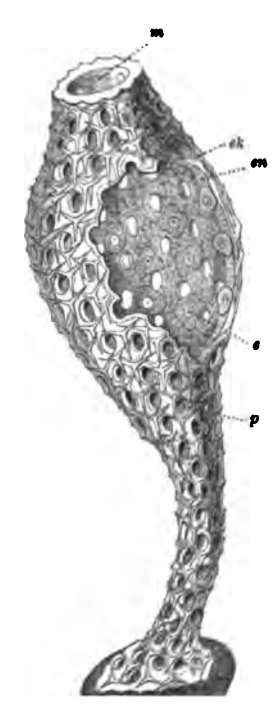


Fig. 4. Ein Kalkschwamm, Calcolynthus. Nach Haeckel.
m Mundöffnung, *ek* Ektoderm, *en* Entoderm, *e* ein Ei, *p* Pore.

inneren Entoderm, dem äußeren Ektoderm und dem zwischen beiden liegenden Mesoderm.

Ein Nervensystem oder auch nur einzelne Nervenzellen sind bis jetzt noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Lendenfeld[1]) fand bei Syconen im Ektoderm der Poren Sinneszellen zu einem Ringe vereinigt, der 3—5 Zellen breit ist. Es sind kleine spindelförmige Zellen, deren innerer Teil in mehrere äußerst feine Ausläufer über-

[1]) Lendenfeld, Zool. Anzeiger, VIII, 1885, S. 47 f.

geht. Großkernige, scheinbar multipolare Zellen des Mesoderms hielt Lendenfeld für Ganglienzellen und er glaubte auch gesehen zu haben, daß ihre Ausläufer sich mit einer der Sinneszellen verbinden. Auch bei Leuconen fand Lendenfeld Sinneszellen, aber unregelmäßig über die äußere Oberfläche verteilt. Allerdings bedürfen diese Angaben noch der Bestätigung. — Vosmar[1]) meint, wenn es auch noch nicht gelungen ist, nervöse Gebilde in Schwämmen nachzuweisen, so ist es aber mehr als wahrscheinlich, daß bei einigen Nerven vorhanden sind und er hat mehrmals Bilder bekommen, die fast sicher dafür sprechen, aber bei den der Untersuchung zu Gebote stehenden mangelhaften Nervenreagenzien nicht beweisend sind. Vosmar erwähnt auch eine Äußerung Poléaeffs, daß dieser ebenfalls Gebilde gesehen hat, die wahrscheinlich Nervenfasern sind. Somit ist es nach dem bisherigen Stande unseres Wissens von dem histologischen Bau der Schwämme zwar wahrscheinlich, aber noch nicht vollständig erwiesen, daß nervöse Gebilde vorkommen.

B. Die Lebenserscheinungen der Schwämme.

1. *Die Erscheinungen des Stoffwechsels.*[2])

Die Aufnahme der Nahrung wird dadurch ermöglicht, daß ein Wasserstrom durch die Hautporen in das Coelenteron ein- und durch den Mund oder bei mundlosen Formen durch die Poren der oralen Körperhälfte wieder austritt. Dieser Strom wird erzeugt durch die peitschenförmigen Bewegungen der Geißeln, die den Zellen des Entoderms aufsitzen, und möglicherweise auch durch die Kontraktionen des ganzen Körpers. Mit dem Wasserstrome gelangen mikroskopische kleine Teilchen von zerstörten tierischen und pflanzlichen Geweben in den Gastrovascularraum und werden hier von den Geißelzellen des Entoderms aufgenommen. Wahrscheinlich genügt der Stoß, den die Fremdkörperchen auf die dünnste Stelle dieser Zellen ausüben, um sie zu durchbohren und die Fremdkörperchen in das Innere des Endoplasmas hineinzutreiben. Unverdauliche und durch die Verdauung zersetzte Körper treten auf demselben Wege aus der Geißelzelle heraus und werden mit dem Wasserstrome

---

[1]) Vosmar in Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs, II., S. 179.

[2]) Die Schilderung der Lebenserscheinungen erfolgt hauptsächlich nach Haeckel, Die Kalkschwämme, Berlin 1872.

durch das Osculum entfernt. Brauchbare Stoffe aber werden in mehr oder weniger assimiliertem Zustande an die Zellen des Mesoderms, welche den Nahrungstransport besorgen, abgegeben. Der Wasserstrom führt den Geißelzellen auch die zur Atmung nötige Menge von Sauerstoff zu, die Kohlensäure wird wahrscheinlich wie bei den Urtieren mit Hilfe der kontraktilen Vakuolen aus dem Körper entfernt.

2. Die Erscheinungen des Formwechsels.

Bei den Urtieren entziehen sich die Erscheinungen der phylogenetischen Entwicklungsreihe (Anpassung und Vererbung) der Beobachtung vollständig. Bei den Schwämmen ist es anders. Hier ist die individuelle Anpassungsfähigkeit an die Lebensbedingungen und infolgedessen auch die individuelle Abänderung der Körperformen eine ungemein große, nicht bloß bei einzeln lebenden, sondern auch bei Tierstöcken. Verschiedene Stöcke derselben Spezies sind oft so verschieden, daß man sie für gänzlich verschiedene Arten halten würde, wenn nicht andere Merkmale ihre Zugehörigkeit zu derselben Art überzeugend nachweisen würden. Dabei zeigt sich, daß sich diese Anpassungen nicht vererben, die Anpassung ist also eine individuelle. Viel weniger als die Form der einzeln und in Tierstöcken lebenden Arten ist die Form der einzelnen Organe der Anpassung unterworfen und die Anpassungen, welche diese Organe überhaupt erleiden, vererben sich zum Teile sehr konstant.

Von den Erscheinungen der ontogenetischen Entwicklungsreihe können wir das Wachstum als eine unbewußt erfolgende Erscheinung übergehen.

Die Vermehrung ist entweder eine ungeschlechtliche, durch Teilung, Knospung und Bildung von Keimkörnern, oder eine geschlechtliche, indem aus Zellen des Mesoderms Eier und Samenfäden entstehen.[1] Die Eier werden noch am Orte ihrer Entstehung befruchtet und entwickeln sich hier zunächst durch wiederholte Teilung zur maulbeerartigen Larvenform, zur Morula, und dann zur Flimmerlarve ohne Mund und Magen, zur Blastula. Diese gelangt durch den Mund des Muttertieres nach außen und verwandelt sich dann in die Gastrulaform mit Mund und Magen; und diese endlich verwandelt sich in den festsitzenden Schwamm.

---

[1]) R. Hertwig, Lehrbuch der Zoologie, 1. Aufl. Jena 1892, S. 179.

3. *Die Erscheinungen des Energiewechsels.*

Bei den Schwämmen kommt amöboide, Geißel- und Kontraktionsbewegung vor.

Von den amöboiden Bewegungen sind vor allem die der Eizellen zu erwähnen; das sind nämlich nackte, amöboide Zellen, deren Form ursprünglich rundlich ist, sich aber, wenn das Ei ihre kurzen, stumpfen, unverästelten und wenig zahlreichen Pseudopodien ausstreckt, verschiedenartig verändern kann. Im Parenchym der Magenwände können diese Zellen mittels der Pseudopodien aktiv ihren Ort verändern und von ihrer Bildungsstätte, dem Mesoderm, in das Ekto- und Entoderm einwandern. Auf dem Objekttischchen des Mikroskopes kriechen isolierte Eizellen gewöhnlich mit der mittleren Geschwindigkeit größerer Amöben umher. Amöboide Bewegungen führen auch die aus den Eizellen hervorgehenden Furchungszellen an der Oberfläche der Morula aus. Unter Umständen können auch die Geißelzellen des Entoderms amöboide Bewegungen ausführen. Werden solche Zellen isoliert, so strecken sie, während noch die Geißel schwingt, kurze Fortsätze aus und ziehen sie wieder ein. Bald aber hört die Geißelbewegung ganz auf, die Geißel wird eingezogen und die Zelle hat nun ganz das Aussehen einer Amöbe und bewegt sich auch wie diese mittels der Pseudopodien. Im Ektoderm des unverletzten Tieres sind amöboide Bewegungen noch nicht beobachtet worden. Dagegen sind einzelne Stücke des Mesoderms imstande, amöboide Bewegungen auszuführen, und zwar sowohl kernlose als auch kernhaltige Stücke. Auch Lappen des Ektoderms zeigten bisweilen an ihrer Peripherie langsam sich bewegende Fortsätze, ähnlich den Pseudopodien der Amöben. Und endlich bewegen sich auch die sogenannten Wanderzellen des Mesoderms, die nach den Untersuchungen von Schultze und Lendenfeld wahrscheinlich die Nahrung in dem Schwammkörper herumführen, amöboid.

Geißelbewegung kommt vor an den Ektodermzellen der schwimmenden Flimmerlarve, ferner an den Entodermzellen des festsitzenden Schwammes und endlich an den Spermazellen des geschlechtsreifen Tieres. Die Flimmerlarve schwimmt mittels der schwingenden Bewegung der Geißel im Wasser umher. Die Schwingung erfolgt bald rascher, bald langsamer und macht ganz den Anschein, als ob sie dem Willen der Larve unterliegen würde.

Hier also dient die Geißelbewegung dem Zwecke der Ortsbewegung. Anders ist es bei den Zellen des Entoderms, hier ist sie die wesentliche Ursache der Wasserströmung im Schwammkörper und dient somit der Ernährung. Die Geschwindigkeit der Wasserströmung und also die Menge der herbeigeführten Nahrung ist abhängig von der Energie der Geißelbewegung und hört ganz auf, wenn die Geißelzellen ihre Bewegung einstellen, wie es bei übersättigten Individuen der Fall ist. Die Geißelbewegung der Spermazellen ist nichts als eine besondere Art der gewöhnlichen Geißelbewegung und erfolgt genau in derselben Weise wie die der isolierten Entodermzellen.

Eigentliche Muskeln oder auch nur Myoide wie bei den Urtieren, also Organe, deren Verrichtung ausschließlich eine bestimmte Art der Bewegung, nämlich die Kontraktion ist, kommen bei den Schwämmen nicht vor. Aber in der Bindegewebssubstanz des Mesoderms sind bei den meisten Schwämmen kontraktile Fasern, welche die Fähigkeit haben, sich zusammenzuziehen und dadurch eine Verkürzung und Verlängerung des Körpers sowie auch den Verschluß der Hautporen und des Mundes zu vermitteln. Diese Kontraktionen betreffen entweder den ganzen Körper oder nur einzelne Teile, sind also entweder totale oder partielle. Die totalen Kontraktionen erfolgen nur sehr langsam und sind deshalb nur schwer direkt wahrzunehmen, lassen sich aber dadurch nachweisen, daß man ein und dasselbe Individuum zu verschiedenen Zeiten genau mißt. Deutlicher wahrzunehmen sind sie, wenn man auf die Schwämme in ausgedehntem Zustande thermische, mechanische oder chemische Reize einwirken läßt, wenn sie z. B. frisch von dem Standorte aus dem Meere in ein Gefäß mit abgestandenem sauerstoffarmen oder verunreinigten Seewasser gelegt werden. Aber auch da ist die Bewegung nur eine langsame und die Volumsveränderung eine geringe. Die partiellen Kontraktionen sind leichter wahrzunehmen als die totalen. Sie bewirken die Erweiterung oder Verengerung einzelner Gruppen von Hautporen oder bloß des Mundes. Auch hier lösen thermische, mechanische und chemische Reize Wirkungen aus. Bei manchen Schwämmen schließen sich die Poren beim Zutritt der Luft, sobald sie aus dem Seewasser gezogen werden. Auch Vorgänge des Stoffwechsels wirken als Reize. Das zeigt sich darin, daß sich die Poren bei gesättigten Individuen schließen. Aber auch wo kein äußererer Reiz unmittelbar ersichtlich

ist, also anscheinend spontan, öffnen und schließen sich die Poren. Diese Bewegungen machen natürlich den Eindruck, als ob sie willkürlich wären. Besondere Kontraktionserscheinungen kommen bei Schwämmen mit zylindrischem, rüsselartigem Ausflußrohr um den Mund vor. Dieses Ausflußrohr verkürzt sich infolge longitudinaler Kontraktionen entweder anscheinend spontan oder bei Einwirkung von Reizen und verengt sich infolge zirkularer Kontraktionen. Auch diese Bewegungen geschehen so langsam, daß man sie nicht direkt beobachten, sondern nur durch Messung nachweisen kann.

Reizversuche in demselben Maße wie mit Urtieren sind mit Schwämmen noch nicht angestellt worden. Die wenigen Erfahrungen zeigen, daß sie auf chemische, mechanische und photische Reize antworten. Die Reaktion gegen chemische Reize zeigt sich in der Zusammenziehung des ganzen Körpers, im Verschlusse der Hautporen und oft auch der Mundöffnung, wenn der Schwamm in abgestandenes, verunreinigtes und kohlensäurereiches Wasser gelegt wird; wogegen er sich ausdehnt, die Hautporen und den Mund öffnet, wenn er in frisches, reines und sauerstoffreiches Wasser kommt. Die Geißelbewegung wird in ersterem Falle verlangsamt, in letzterem beschleunigt. Lendenfeld[1]) hat Vergiftungsversuche mit Morphin, Strychnin, Digitalin, Veratrin, Kokain und Curare gemacht. Die Vergiftung verursachte fast bei allen Organen Kontraktionen und Formveränderungen.

Die Empfindlichkeit für mechanische Reize ist eine viel geringere, jedoch hat Haeckel (422) bemerkt, daß ein Kalkschwamm sich infolge wiederholter Stiche langsam zusammenzog, selten auch die Poren verschloß.

Die Reizbarkeit durch Licht geht daraus hervor, daß die Schwämme das Licht meiden und fast immer dunkle oder doch schattige Standorte den hellen und sonnigen vorziehen. Auch die Flimmerlarve sucht bei der Festsetzung einen dunklen, vor Licht geschützten Ort auf. Auffallend ist es gegenüber den Urtieren, daß die Reizwirkungen, insbesondere die Kontraktionserscheinungen, nur sehr langsam erfolgen.

---

[1]) Lendenfeld, Experimentelle Untersuchungen über die Physiologie der Spongien, Biol. Zentralb., X., 1891.

C. Entscheidung der Frage, ob den Schwämmen Bewußtsein zukommt.

Ein Nervensystem fehlt den Schwämmen vollständig und auch das Vorhandensein einzelner Nervenzellen ist noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen. Ein Analogieschluß von anatomischen Einrichtungen derselben Art wie bei uns auf psychische Erscheinungen derselben Art ist sonach nicht gestattet.

1. Die Erscheinungen des Stoffwechsels.

Vergleichen wir die Lebenserscheinungen der Schwämme mit denen der Urtiere, so sehen wir bei jenen eine viel geringere Mannigfaltigkeit, dagegen eine größere Gleichförmigkeit. Da über die Art der Nahrungsaufnahme keine Sicherheit besteht, können wir über ihren psychischen Wert kein endgültiges Urteil aufstellen, aber soviel steht fest, daß eine Auswahl unter den mit dem Körper in Berührung kommenden festen Körperchen nicht stattfindet; denn Fütterungsversuche, die von Bowerbank, Lieberkühn, Carter und Haeckel angestellt wurden, haben gezeigt, daß ebensowohl unverdauliche als verdauliche Stoffe aufgenommen werden. Sowohl die unverdaulichen Fremdkörperchen als auch die Reste der verdauten Nahrung werden in das Coelenteron entleert und von da mit dem Wasserstrome durch das Osculum aus dem Körper entfernt. Die Aufnahme der Nahrung und die Ausscheidung der unverdaulichen Stoffe geschieht allem Anscheine nach wie bei den Urtieren und wir haben ebensowenig wie bei diesen einen Grund, anzunehmen, daß Bewußtheit damit verbunden ist. Die Ausscheidung der Kohlensäure durch die rhythmischen Bewegungen der kontraktilen Vakuolen ist eine automatische Bewegung und deshalb unbewußt, ebenso die Absonderung von Skeletteilen und Farbstoffen als unmittelbare Folge der Assimilation und Dissimilation.

2. Die Erscheinungen des Formwechsels.

Von diesen interessiert uns zunächst die ungemein große Leichtigkeit der individuellen Anpassung und die daraus sich ergebende Abänderung in den Körperformen. Viele Autoren nehmen zur Erklärung dafür einen inneren ursprünglichen Variationstrieb an; aber mit Recht tritt Haeckel(3 81) dieser Auffassung entgegen und führt nicht bloß die individuelle, sondern auch die generelle oder

wie Haeckel sie nennt, die direkte oder aktive und die indirekte oder potentielle Anpassung und Abänderung der organischen Formen und Funktionen auf die Einwirkung äußerer mechanischer Ursachen zurück, welche zunächst die Ernährung der Individuen beeinflussen und dadurch die Gegenwirkung des Organismus hervorrufen, die sich eben in der Anpassung äußerlich sichtbar macht. Diese Auffassung ist wohl die richtige; dann ist weder die Annahme eines inneren Variationstriebes noch die Mitwirkung einer bewußten Absicht notwendig.

Von den Erscheinungen der ontogenetischen Entwicklungsreihe können wir wie bei den Urtieren so auch bei den Schwämmen die Erscheinungen des Wachstums zufolge eines Analogieschlusses aus den Erfahrungen an uns selbst als unbewußte Erscheinungen betrachten. Auch die ungeschlechtliche Form der Vermehrung erfolgt als Erscheinung des Wachstums über das individuelle Maß hinaus unbewußt. Die geschlechtliche Vermehrung bedarf einer ausführlichen Erwägung. Die Geschlechtsorgane werden vertreten durch die Geschlechtszellen (die Ei- und die Samenzellen). Die reifen Samenzellen lösen sich von dem Mesoderm, in dem sie entstehen, los und gelangen durch das Entoderm hindurch in den Gastrovascularraum. Hier bewegen sie sich aktiv mit Hilfe ihrer Geißeln und werden auch passiv von der Wasserströmung mitgeführt. Da sie sich zumeist in großen Mengen bilden, ist die Möglichkeit geboten, daß einzelne mit den ebenfalls an die Innenfläche des Entoderms gewanderten Eizellen in Berührung geraten. Andere freilich werden mit dem Wasserstrome durch das Osculum aus dem Körper hinaustreten, sind aber deshalb noch nicht verloren, sondern können mit dem durch die Hautporen einströmenden Seewasser wieder in den Gastrovascularraum anderer Individuen gelangen und hier mit den Eizellen in Berührung treten. Den Akt der Befruchtung beschreibt Haeckel (S. 396): „Ich konnte zu wiederholten Malen beobachten, wie einzelne Samenzellen, die zufällig mit Eizellen in Berührung gekommen waren, mit denselben verschmolzen. Zunächst schien das kleine Zoospermium, sobald es mit der Oberfläche der nackten Eizelle in Berührung gekommen war, an dieses anzukleben und dessen schwingende Bewegungen zu beschleunigen. Dann aber wurden dieselben allmählich langsamer und hörten zuletzt ganz auf, während gleichzeitig das Ei seine trägen amöboiden Bewegungen einstellte. Endlich schien das Zoospermium völlig mit dem Ei zu verschmelzen

oder sich in der Dottermasse desselben aufzulösen. In einigen Präparaten waren große rundliche oder kugelig zusammengezogene Eizellen sichtbar, auf deren Oberfläche eine große Anzahl von schwingenden Samenzellen aufsaßen, so z. B. bei Sycandra quadrangulata. Die Zoospermien schienen hier mit dem Kopfende sich in den Dotter des Eies einzubohren, wobei das Schwanzende sich schwingend bewegte. In einigen Fällen beobachtete ich diese Eier längere Zeit hindurch und fand, daß später die anhaftenden Samenzellen verschwunden waren und daß bald nachher die Furchung des Eies begann. Es darf demnach jene Verbindung der Samenzelle mit der Eizelle als wirkliche Befruchtung betrachtet werden." Diese Beschreibung läßt den Akt der Befruchtung als einen rein mechanischen Reizvorgang erkennen. Die zufällig auf die Eizelle gelangte Samenzelle wirkt wie ein mechanischer Reiz und veranlaßt die Eizelle, wie wir es ähnlich gesehen haben, wenn mechanische Reize auf Amöben einwirken, einerseits zur Ausscheidung eines klebrigen Stoffes, anderseits aber auch die Pseudopodien und damit auch die Samenzelle in ihr Endoplasma einzuziehen. Aber auch auf die Samenzelle wirkt die Berührung als Reiz und veranlaßt sie, die Bewegungen der Geißel anfangs zu beschleunigen, dann zu verlangsamen und endlich, während sie immer weiter in das Endoplasma der Eizelle hineingezogen wird, ganz einzustellen. Der Vorgang der Befruchtung ist also erklärbar als eine Wirkung der rein mechanischen Reizung durch die Berührung der Ei- und Samenzelle. Somit ist weder das Zusammentreffen der Ei- und Samenzelle, weil es ein rein zufälliges, noch die Verschmelzung beider, weil sie eine rein mechanische Reizwirkung ist, ein Grund, die geschlechtliche Vermehrung als eine mit Bewußtsein verbundene Erscheinung zu betrachten.

3. Die Erscheinungen des Energiewechsels.

Die Bewegungen der Ei- und Samenzellen machen allerdings den Eindruck willkürlicher Bewegungen, aber nur weil eine sichtbare äußere Ursache, die man als Reiz betrachten könnte, nicht zu erkennen ist. Allein dieselben Gründe, die uns veranlaßt haben, die amöboide Bewegung der Rhizopoden und die Geißelbewegungen der Flagellaten als rein mechanische Reflexerscheinungen, die ohne Bewußtsein erfolgen, zu betrachten, gelten auch für die amöboide Bewegung der Eizelle, die Geißelbewegungen der Samenzellen, die amöboiden

Bewegungen der Furchungszellen und endlich auch die Flimmerbewegung des Ektoderms bei der Flimmerlarve und beim reifen Schwamme. Die Berührung der Geißeln mit dem äußeren Medium bei der Flimmerlarve und mit den durch den Wasserstrom in den Gastrovascularraum hineingelangten festen Fremdkörperchen bei dem reifen Schwamme, der verschiedene Gehalt des Wassers an Sauerstoff und Kohlensäure, ebenso der verschiedene Gehalt an Salz, ferner verschiedene Beleuchtung, Temperatur, die Bewegung des Wassers durch äußere Einflüsse, endlich auch Erscheinungen des Stoffwechsels, der Assimilation und Dissimilation, Mangel und Überfluß an Nahrung wirken als beständige Reize, die je nach ihrer Stärke bald langsamere, bald schnellere, aber immer ohne jede Abweichung in derselben Weise erfolgende Bewegungen auslösen. Also trotz der scheinbaren Willkürlichkeit sind diese Bewegungen monoton; da sie der Ortsbewegung und Ernährung dienen, so sind sie auch generell zweckmäßig und haben somit nur den Wert von unbewußten Reflex- und Impulsivbewegungen gerade wie die entsprechenden Bewegungen der Urtiere. Dasselbe gilt endlich auch noch von den Kontraktionsbewegungen. Auch sie sind monoton und generell zweckmäßig, rein reflektorisch. Der Umstand, daß sie so langsam erfolgen, daß man sie nicht durch direkte Beobachtung, sondern nur durch wiederholte Messung nachweisen kann, zeigt, daß das Ektoderm der Schwämme, obwohl es dem sensibeln Keimblatt der höheren Tiere entspricht, an die Aufnahme von Reiz und an die rasche Auslösung von zweckmäßigen Reflex- und Impulsivbewegungen noch sehr wenig angepaßt ist. Das Skelett, mit dem diese Tiere gegen äußere Reize geschützt sind, läßt das begreiflich erscheinen. Besondere Aufnahmsorgane für Reize besitzt das Ektoderm hier keine, beim Vorhandensein der Schutzbedeckung wären sie ja auch überflüssig.

4. Wert des Bewußtseins.

Die bisherige Untersuchung hat gezeigt, daß weder der anatomische Bau noch die Lebenserscheinungen uns veranlassen, den Schwämmen Bewußtsein zuzuschreiben. Dieses Ergebnis wird bestärkt, wenn wir nun noch überlegen, welchen Wert das Bewußtwerden einzelner Lebenserscheinungen für den Organismus haben könnte. Diese Tiere leben unter noch einfacheren Verhältnissen als die Urtiere. Sie bleiben das ganze Leben hindurch an demselben

Standorte, in demselben Medium; nur jene, deren Standort dem Wechsel von Ebbe und Flut ausgesetzt ist, geraten zeitweilig auf das Trockene. Auch der Wechsel der Temperatur und des Lichtes ist ihr ganzes Leben hindurch nahezu derselbe. Dieses gleichmäßige Leben unter den stets gleichen Verhältnissen durch so viele Generationen hindurch hat Lebenserscheinungen in Tätigkeit gesetzt, die entsprechend den stets gleichen Verhältnissen auch stets in derselben Weise verlaufen, also monoton und generell zweckmäßig, und somit rein reflektorischer und impulsiver Natur sind. Ein Bewußtwerden einzelner Lebenserscheinungen würde dem Leben dieser Organismen keinen Vorteil bringen, hätte also keinen Zweck. Die Aufnahme der Nahrung könnte bei der festsitzenden Lebensweise doch nicht anders erfolgen als es tatsächlich der Fall ist, auch wenn die Tiere Bewußtsein hätten. Ein bewußtes Erkennen der mit dem Wasserstrome dem Körper zugeführten Nahrungsmittel hätte keinen Wert, denn eine Auswahl und eine Aufnahme gerade nur der ausgewählten Stoffe wäre bei dem anatomischen Bau der Tiere, wie er eben ist, doch nicht möglich, da es ja kein Organ zum Ergreifen der ausgewählten oder zum Abhalten der nicht gewählten Fremdkörperchen hat. Überdies müßten solche Akte des Erkennens und bewußten Auswählens jeder einzelnen aufnehmenden Zelle zukommen, da ja das Tier kein Zentralorgan hat, von dem aus die Tätigkeit der einzelnen Zellen geregelt werden könnte. Die Schwämme müßten also nicht ein einheitliches, sondern so viele getrennte Bewußtsein haben als Aufnahmszellen sind. Da auch die Beschleunigung und Verlangsamung des Wasserstromes und also die Menge der herbeigeführten Nahrung je nach dem Bedürfnisse rein impulsiv infolge der inneren chemischen Vorgänge der Assimilation und Dissimilation vollkommen zweckentsprechend geregelt wird, ist ein Bewußtwerden auch dieser Vorgänge nicht notwendig.

Von den Erscheinungen der phylogenetischen Entwicklungsreihe sind die Erscheinungen der Anpassung bei den Schwämmen individueller Art und könnten deshalb leicht die Vorstellung erwecken, daß die Anpassung am zweckmäßigsten wäre, wenn sie mit bewußter Absicht ins Werk gesetzt würde. Allein eine genauere Überlegung der Sache zeigt, daß dies nicht der Fall ist. Die Anpassung bei den Schwämmen zeigt sich darin, daß die Körperform je nach dem Standorte wechselt. Wäre nun dies eine Folge bewußter Absicht, so müßte die Flimmerlarve entweder schon voraus wissen, zu welcher

Form des reifen Tieres sie sich entwickeln wird und nun gerade den für diese Form besten Standort auswählen, oder sie müßte, nachdem sie den Standort gewählt hat, erkennen, welche Körperform diesem Standorte am besten entspricht und nun imstande sein, ihre weitere Entwicklung so zu beeinflussen, daß das reife Tier gerade diese Form erlangt. Eine solche Erkenntnis aber kann die Larve nicht haben weder aus Erfahrung, weil ihr diese ja vollständig mangelt, noch durch Vererbung, weil sich positive, auf spezielle Fälle bezügliche Kenntnisse überhaupt nicht vererben können. Überdies würde mit Hilfe solcher individueller, dem Irrtume unterworfener Kenntnis die für den speziellen Standort zweckmäßigste Körpergestalt mit viel geringerer Sicherheit erreicht werden als infolge der durch Millionen von Generationen hindurch zwar unbewußten, aber mit fast unfehlbarer Sicherheit erfolgenden mechanischen Entwicklung, wie sie tatsächlich stattfindet. Die Erscheinungen der Vererbung können überhaupt nicht bewußt werden und gesetzt, sie würden es, so könnten sie durch das Bewußtsein nicht geändert werden.

Von den Erscheinungen der ontogenetischen Entwicklungsreihe erfolgen die des Wachstums nach bestimmten chemischen Gesetzen, die von dem Tiere nicht willkürlich zu seinen Gunsten geändert werden könnten, auch wenn es von den Vorgängen, die das Wachstum bewirken und begleiten, Kenntnis hätte. Ein Bewußtwerden dieser Vorgänge wäre also vollkommen zwecklos. Von den verschiedenen Arten der Vermehrung könnte nur die geschlechtliche die Vermutung erwecken, daß sie mit Bewußtsein verbunden ist. Aber ein Begattungsakt zweier Individuen verschiedenen Geschlechtes findet nicht statt, da die Schwämme Zwitter sind. Die Entwicklung der Geschlechtszellen ist eine Erscheinung des Wachstums und wie alle Wachstumserscheinungen unbewußt. Und der Akt der Befruchtung zwischen Ei- und Samenzelle erfolgt, wie wir oben gesehen haben, auf rein mechanischem Wege und würde nicht mit größerer Sicherheit vor sich gehen, wenn das Zusammentreffen beider Zellen mit bewußter Absicht geleitet und der Moment der Berührung mit bewußten Empfindungen oder Gefühlen verbunden wäre. Wie bei der Nahrungsaufnahme, so könnten auch hier diese Bewußtseinsakte nur auf die einzelnen Ei- und Samenzellen beschränkt bleiben, da ja ein Organ, das sie dem Schwammindividuum als solchem zum Bewußtsein bringt, vollständig fehlt.

Die Bewegungen der Schwämme endlich erreichen ihren Zweck als Reflex- und Impulsivbewegungen ebenso sicher, als wenn sie mit bewußter Absicht erfolgen würden. Die Geißelzellen erregen durch ihre reflektorischen und impulsiven Bewegungen die Wasserströmung und befördern die Fremdkörperchen in das Endoplasma ebenso sicher als wenn dies mit bewußter Absicht geschähe. Die Bewegungen der Ei- und Samenzellen führen rein reflektorisch ebenso gut zur Befruchtung als wenn sie bewußt wären und auch die Kontraktionsbewegungen bewirken die Verengung und Erweiterung der Hautporen und des Mundes auf rein reflektorischem und impulsivem Wege ebenso gut als wenn sie bewußt wären.

Wir sehen somit, daß auch die Erwägung der Frage, welchen Wert das Bewußtwerden einzelner Lebenserscheinungen der Schwämme für den Organismus haben könnte, uns nicht veranlaßt, ihnen Bewußtsein zuzusprechen. Nach R. Hertwig[1]) ist es schon außerordentlich schwer, sich von der tierischen Natur der Schwämme zu überzeugen. Noch schwieriger, ja eigentlich unmöglich ist es, auch nur mit Wahrscheinlichkeit nachzuweisen, daß ihnen Bewußtsein zukommt.

II. Die Nesseltiere und Rippenquallen; Cnidaria und Ctenophora.

Das gemeinsame Merkmal der Coelenteraten, daß nämlich in ihrem Körper ein innerer Hohlraum vorhanden ist, der sowohl der Verdauung als auch dem Umtriebe der Nahrung dient, kommt auch den Nesseltieren und Rippenquallen zu. Im einzelnen freilich weichen die verschiedenen Arten, entsprechend den verschiedenartigen Lebensverhältnissen, weit voneinander ab und zeigen eine Mannigfaltigkeit von Formen, wie kaum eine andere Tiergruppe. Aber bei all dem Formenreichtum sind es doch nur zwei Grundformen, die in vielfachen Abänderungen immer wiederkehren, Polyp und Meduse.

A. Der Körperbau.

1. Der Körperbau der Nesseltiere.

Die Grundform des Polypen (Fig. 5) ist ein zylindrischer Hohlschlauch, dessen unteres Ende, die Fußscheibe, gewöhnlich festsitzt, sich

[1]) R. Hertwig, Lehrbuch der Zoologie, Jena 1892, S. 177.

auch zum Zwecke der Ortsbewegung von der Unterlage loslösen kann, und dessen freies Ende die von Fangfäden (Tentakeln) umgebene Mundöffnung trägt. Der Bau ist meist radiär, selten bilateral. Nach der Gestaltung des inneren Hohlraumes unterscheidet man zwei Gruppen

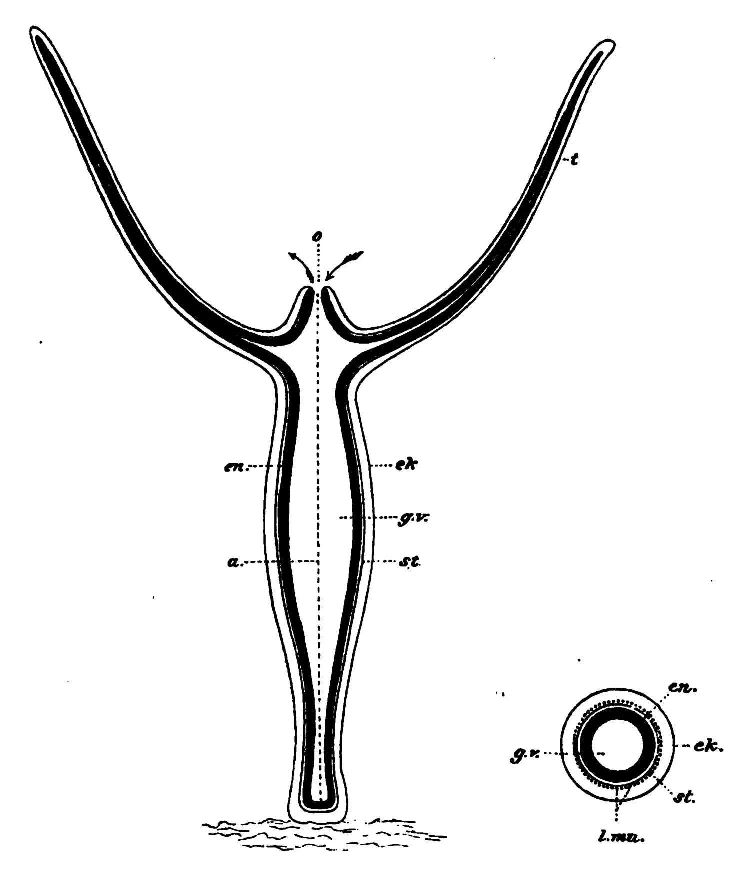


Fig. 5. Schematische Darstellung eines Hydroidpolypen. Nach Karl Chun.
o Mundöffnung, *t* Fangfäden, *en* Entoderm (schwarz), *ek* Ektoderm, *g. v.* Gastrovascularhöhle, *st* Stützlamelle, *a* Hauptachse.
Rechts ein Querschnitt durch den Körper. *l. mu.* Längsmuskelfasern.

von Polypen, nämlich die Hydroidpolypen mit einfachem Hohlraum und die Anthozoa oder Korallentiere mit Schlundrohr, Magen und durch Scheidewände (Septen) getrennten taschenartigen Ausstülpungen der Gastrovascularhöhle (Gastrovasculartaschen). Die Wand des Schlauches besteht bei den Hydroidpolypen, als deren

einfachster Vertreter **Hydra** (Fig. 6) gilt, nur aus 2 Zellschichten, dem äußeren Ektoderm und dem inneren Entoderm. Zwischen beiden liegt eine strukturlose Membran, die Stützlamelle. Das Ektoderm besteht zumeist aus großblasigen Epithelzellen (Fig. 7), die mit der nach

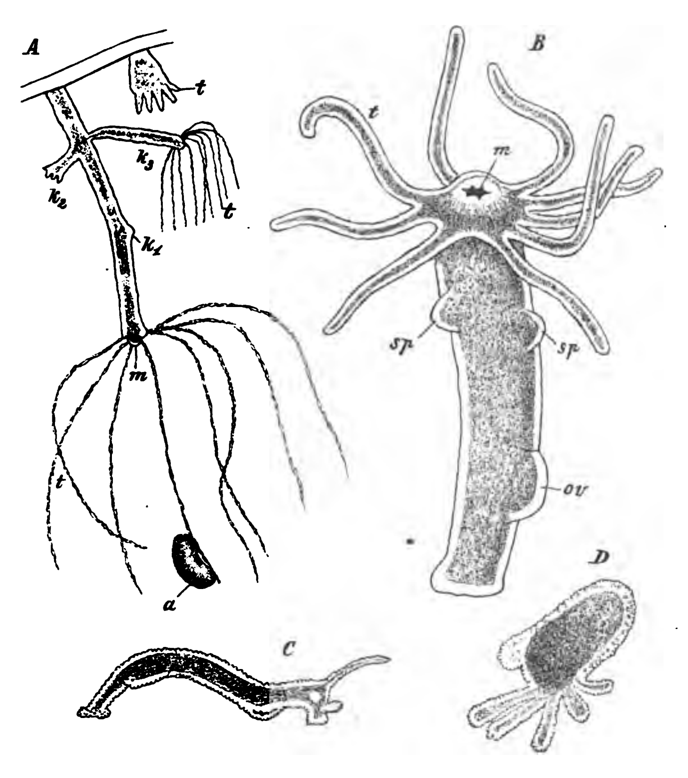


Fig. 6. *A*. Hydra viridis. Das größere Tier ist vollständig ausgestreckt, das kleinere rechts davon eingezogen. Nach Parker.

t Tentakeln, *m* Mund, k_1, k_2, k_3 Knospen in verschiedenen Entwicklungsstadien, *a* ein vom Tentakel ergriffener Wasserfloh.

B. Hydra fusca. Nach Parker.

t Tentakel, *m* Mund, *sp* Spermazien, *ov* Ovarium.

C. Eine mittels spannerartiger Bewegungen kriechende Hydra. Nach Marshall.

D. Ein mittels seiner Tentakeln kriechendes Tier. Nach Marshall.

außen gekehrten kutikularisierten Fläche eng aneinanderschließen und eine geschlossene Oberfläche bilden, nach innen aber auseinandertreten, indem sie sich verschmälern und in einen oder mehrere kontraktile Fortsätze, Muskelfasern, übergehen, die, wenn sie die

Stützlamelle erreicht haben, rechtwinklig umbiegen und in der Längsrichtung des Körpers verlaufend eine einfache, der Stützlamelle dicht anliegende Lage von zarten Fasern bilden. Kleinenberg beschrieb diese Zellen zuerst und nannte sie, weil sie wie die Nervenzellen sowohl Reize aufnehmen und weiterleiten als auch wie die Muskeln durch Kontraktion Bewegung auslösen, Neuromuskelzellen.[1]) Später jedoch wurde für sie aus histologischen Gründen von O. u. R. Hertwig der Name Epithelmuskelzelle vorgeschlagen, der auch allgemein angenommen wurde.[2]) Es sind Epithelzellen, aber die beiden Grundverrichtungen des Protoplasmas, Reizbarkeit und Zusammenziehung, werden zum Vorteile des Organismus von verschiedenen Teilen derselben Zelle ausgeübt, indem der nach außen gerichtete Teil Reize aufnimmt und bis zur

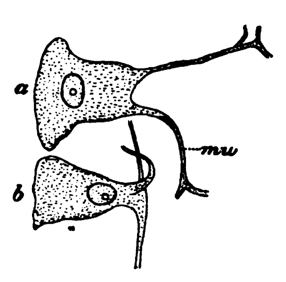


Fig. 7. Isolierte Epithelmuskelzellen. *a* nach Kleinenberg, *b* nach Schneider. *mu* kontraktile Faser.

kontraktilen Faser weiterleitet, worauf diese auf den Reiz mit einer Zusammenziehung antwortet, wie wir dies ja auch schon bei manchen Urtieren kennen gelernt haben. Es sind Reflexapparate der einfachsten Art, Organe für die Aufnahme, Leitung und Beantwortung des Reizes vereinigt in derselben Zelle.

Gleichfalls dem Ektoderm angehörend, aber unter der Oberfläche sich zwischen die basalen Enden der Epithelmuskelzellen einschiebend, kommen Nessel- und Nervenzellen vor. In den Nesselzellen, den Cnidoblasten (Fig. 8) entstehen kleine Bläschen, die von einer elastischen Membran umgeben und mit einer ätzenden alkaloiden Flüssigkeit gefüllt sind. An dem nach außen gerichteten Ende trägt das Bläschen einen langen, in der Ruhe nach innen eingestülpten

[1]) Kleinenberg, Hydra, Leipzig 1872, S. 22 f.
[2]) O. u. R. Hertwig, Die Organisation der Medusen, 1878, S. 166 ff.

und spiralförmig aufgerollten fadenförmigen Schlauch, den **Nesselfaden**. Vielfach ist die Nesselkapsel von einer muskulösen Hülle umschlossen, die nach innen in einen dünnen bis zur Stützlamelle reichenden Stiel übergeht. Die ausgebildete Nesselzelle reicht bis an die Oberfläche des Ektoderms und endet hier mit dem **Tast- oder Drückerhaar**, dem **Cnidocil**. Bei gewissen Reizen, z. B. wenn das Cnidocil von einem anderen Organismus berührt wird, kontrahiert sich die Nesselzelle und übt einen Druck auf die Nesselkapsel aus; dadurch wird der Nesselfaden hervorgeschnellt und ein Teil der die

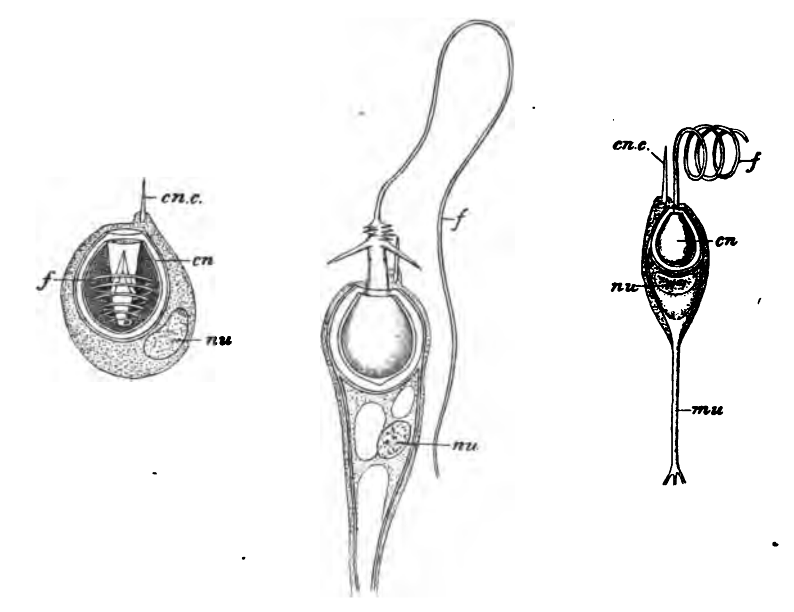


Fig. 8. Nesselzellen; die erste mit eingestülptem, die beiden anderen mit entladenem Faden. Nach Schneider.

cn Nesselzelle, *cn. c* Cnidocil, *f* Nesselfaden, *nu* Kern, *mu* kontraktile Faser.

Nesselkapsel erfüllenden ätzenden Flüssigkeit in ihn hineingepreßt. Erreicht der Nesselfaden den Gegenstand der Berührung, so bleibt er an ihm haften oder verwundet ihn und entleert seinen ätzenden Inhalt in die Wunde. Das Cnidocil ist also ein Organ für die Aufnahme des Reizes (ein Rezeptor nach der von Beer, Bethe und Uexküll vorgeschlagenen Nomenklatur). Es nimmt aber nicht jeden Reiz auf, die bloße Berührung durch ein Sandkörnchen z. B. genügt nicht, die Explosion der Nesselzelle auszulösen, wohl aber die

Berührung durch einen lebenden Organismus, z. B. durch einen Wasserfloh. Der Reiz wird von dem Cnidocil weitergeleitet bis zu dem die Nesselkapsel umgebenden Protoplasma oder, wenn ein Muskelschlauch vorhanden ist, bis zu diesem; das Protoplasma oder der Muskelschlauch beantwortet den Reiz durch Kontraktion und Hinausschleudern des Nesselfadens. Die Nesselzelle ist also wie die Epithelmuskelzelle ein Reflexapparat; Aufnahme, Weiterleitung und Beantwortung des Reizes wird besorgt von einer und derselben Zelle. Die Nesselzellen sind über den ganzen Körper verbreitet, an manchen Stellen jedoch, insbesondere jenen, die zum Ergreifen der Beute dienen, oder manchen Reizen sehr leicht ausgesetzt sind, also

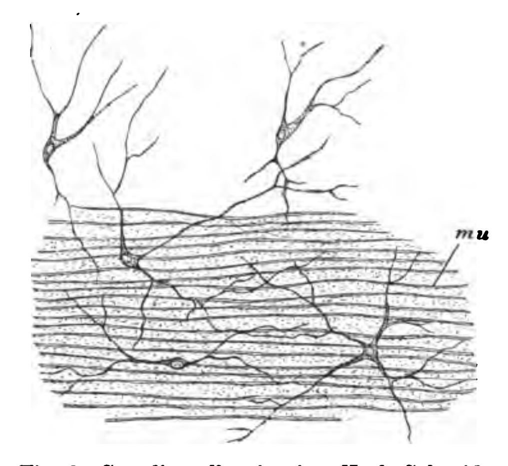


Fig. 9. Ganglienzellen in situ. Nach Schneider.
mu kontraktile Faser.

an den Fangarmen und in deren Nähe, kommen sie besonders häufig und in einer eigentümlichen Anordnung vor, wie z. B. in knopf- oder polsterartigen Anschwellungen an den Tentakeln oder auf einem ringförmigen Wulst am Schirmrande des Velums der Medusen und auf radial von diesem Ringe ausgehenden Streifen, den sogenannten Tentakelspangen.

Bei den Hydroidpolypen sind zum ersten Male auf der Stufenleiter des Tierreiches mit Sicherheit Nervenzellen erkannt worden. Es sind große rundliche oder unregelmäßig geformte Zellen (Fig. 9) mit großen Kernen und langen fadenförmigen Ausläufern, die einerseits untereinander, anderseits mit den kontraktilen Fasern der Epithel-

muskelzellen und wahrscheinlich auch dem Cnidoblast in Verbindung stehen. Sie bilden in ihrer Gesamtheit ein ganglíöses Geflecht, das dicht auf der Muskelschichte aufliegt und mit wechselnder Anhäufung der Ganglienzellen das ganze Tier durchzieht. Da die Nervenzellen die Oberfläche nicht erreichen, können sie nur die Aufgabe haben, Reizerregungen von Zelle zu Zelle weiterzuleiten, sie sind also Leitungsorgane. Und da sie sich über das ganze Tier erstrecken, erklärt es sich, daß Reize, die das Tier bloß an einer Stelle treffen, über das ganze Ektoderm geleitet werden und die Zusammenziehung des ganzen Körpers bewirken können.

Außer den Ganglienzellen nehmen an der Zusammensetzung des Nervensystems noch Sinneszellen teil (Fig. 10). Es sind Zellen von

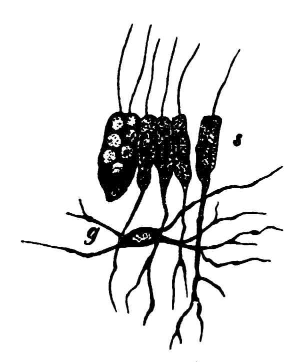


Fig. 10. Ganglien- und Sinneszellen in situ. Nach Schneider.
g Ganglienzelle, s Sinneszelle.

faden- oder spindelförmiger Gestalt, die im Gegensatz zu den Ganglienzellen mit ihrem oberen Abschnitt an die Oberfläche des Epithels treten und hier mit besonderen, zur Aufnahme des Reizes geeigneten Einrichtungen, gewöhnlich mit einem feinen langen Härchen, ausgestattet sind. Nach innen laufen sie in feine Fasern aus, die in das Nervengeflecht eintreten. Sie kommen im allgemeinen ziemlich spärlich vor, im Ektoderm, wo sie durch den äußeren Teil der Epithelmuskelzellen und das Cnidocil der Nesselzellen vertreten werden, meist nur an den Tentakeln, im Entoderm etwas häufiger. Ihre Aufgabe besteht darin, den äußeren Reiz aufzunehmen und an das Nervengeflecht abzugeben; sind die Ganglienzellen Leitungsorgane, so sind die Sinneszellen Aufnahmsorgane.

Das Entoderm besteht zum größten Teile aus großblasigen Zellen, die an der dem inneren Hohlraum zugewendeten Seite zurückziehbare und formwechselnde Pseudopodien ausstrecken; einige haben auch 1, 2 oder 3 Geißeln. Nach innen gehen sie, wie die Epithelzellen des Ektoderms, in Muskelfäden über, die jedoch nicht longitudinal, sondern radiär verlaufen. Nebst den Epithelmuskelzellen kommen Drüsen- und Sinneszellen, bei manchen Formen auch subepitheliale Nessel- und Ganglienzellen vor. Die letzteren drei Zellformen des Entoderms gleichen ganz den entsprechenden des Ektoderms.

Die Korallenpolypen zeigen im allgemeinen den Typus des Hydroidpolypen, aber in viel reicherem Ausbau.

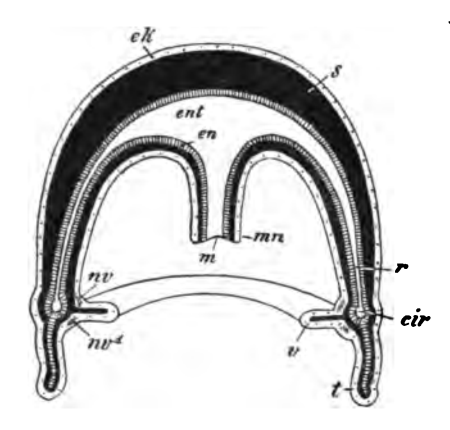


Fig. 11. Schematische Darstellung einer ausgestalteten Meduse. Nach Parker. *m* Mund, *mn* Mundrohr, *ent* Darmhöhle, *en* Entoderm, *ek* Ektoderm, *s* Stützlamelle, *r* Radialkanal, *cir* Ringkanal, *v* Velum, *t* Tentakel, *nv* oberer, *nv'* unterer Nervenring.

Eine Mittelstufe zwischen den Hydroid- und Korallenpolypen, aber den ersteren näher stehend, nehmen die Scyphopolypen ein. Jenen gleichen sie durch die äußere Körperform, diesen durch das mächtig entwickelte Mesoderm. Sie unterscheiden sich aber von beiden dadurch, daß der Gastrovascularraum nicht so einfach ist wie bei den Hydroidpolypen, aber auch nicht so reich gegliedert wie bei den Korallenpolypen.

Die marinen geschlechtslosen Hydroid- und die Scyphopolypen sind die Jugendformen, aus denen sich durch Knospung die Medusen entwickeln. Die Grundform der Meduse ist ein Schirm (Fig. 11), der, je nachdem er mehr oder weniger gewölbt ist, die Form einer

Glocke oder einer Scheibe annimmt. Der eine (orale) Pol wird durch die Mundöffnung, der andere (aborale) durch die Mitte des Schirmes markiert. Die konvexe gewöhnlich nach oben gekehrte Außenfläche bezeichnet man als Exumbrella, die gewöhnlich nach unten gekehrte konkave Fläche als Subumbrella. Der Schirmrand ist entweder gelappt (acraspedote Medusen, Acalephen, Scyphomedusen) oder mit einem muskulösen Hautsaum, dem Velum oder Schwimmsaum versehen (craspedote Medusen, Hydromedusen, Siphonophoren). Am Schirmrande selbst entspringen die Tentakeln, die meist hohl und unverästelt sind und gewöhnlich in der Vierzahl und deren Vielfachem, seltener in der Ein- oder Zweizahl vorkommen. Von der Mitte der unteren Wölbung hängt wie der Stiel eines Regenschirmes das Mundrohr herab, an dessen unterem Ende die Mundöffnung liegt. Diese ist entweder glatt oder gefranst oder in vier Mundlappen ausgezogen, die bei manchen Formen auch wieder gegabelt sind. Der Gastrovascularraum besteht aus einem zentralen verdauenden Abschnitt, dem Magen und einem peripherischen Teil, der die verflüssigte, aber mit Wasser vermischte Nahrung in Umtrieb setzt.

In der weiteren Beschreibung beschränken wir uns auf das Muskelsystem, das Nervensystem und die Aufnahmsorgane.

Die Muskulatur der Medusen zeigt gegenüber der der Polypen nach drei Richtungen eine höhere Entwicklung. Erstens zeigt die Muskelfaser selbst eine reichere Differenzierung, indem das erstemal Querstreifung auftritt; zweitens sind die Muskelfasern in Bündel vereinigt und drittens zeigt sich in der Anordnung der Muskulatur der Übergang von dem diffusen Muskelgeflecht zur Form des lokalisierten Muskelsystems.

Auch das Nervensystem der Medusen ist viel höher entwickelt als das der Polypen. Im Ektoderm der Subumbrella breitet sich zwischen dem Epithel und der Muskulatur ein diffuses Geflecht multipolarer Ganglienzellen aus. Außerdem kommt aber bei den Medusen noch ein reichentwickeltes lokalisiertes Zentralnervensystem vor. Bei den Craspedoten bildet es an der Stelle des Schirmrandes, wo das Velum entspringt, einen doppelten Ring, einen oberhalb und einen unterhalb des Velums. (Vgl. Fig. 11.) Beide Ringe stehen durch zahlreiche Fasern miteinander in Verbindung.

Das Nervensystem der Acraspedoten ist einfacher gebaut und auch weniger zentralisiert.

Zur Aufnahme des Reizes dienen Sinneszellen und die sogenannten Randkörper. Die Sinneszellen sind von ähnlicher Form wie die der Polypen. Sie kommen einzeln vor, wie an den Tentakeln, oder bilden mit gewöhnlichen Ektoderm- oder Stützzellen vermischt eine Epithelform, die man als Sinnesepithel bezeichnet. Solche Sinnesepithelien kommen über dem oberen Ringnerv der Craspedoten und über den Zentren der Acraspedoten vor, bei letzteren findet man überdies oberhalb der Randkörper Gruben, die gleichfalls mit flimmernden Sinnesepithelien ausgekleidet sind.

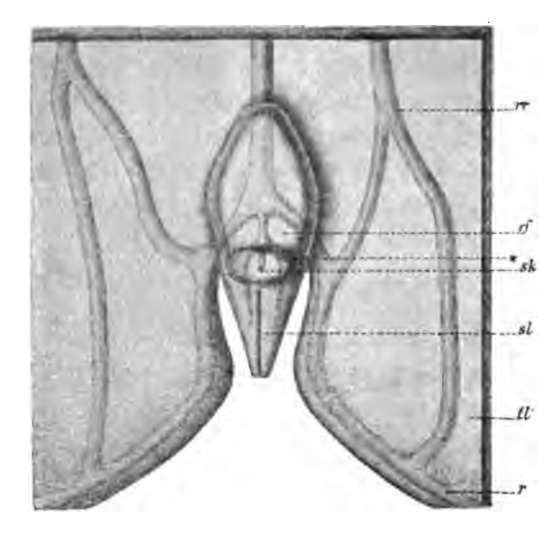


Fig. 12. Ausgeschnittenes Stück aus dem Schirmrand von Aurelia aurita von der Oberfläche gesehen. Nach O. und R. Hertwig.

Man sieht zwischen den 2 Tentakellappen (*tl*) den Sinneskörper (*sk*) mit den Sinneslappen (*sl*), *rr* Radialkanal, *δ* Deckplatte für den Sinneskörper, * buckelförmige Verdickung der Deckplatte, *sk* Sinneskörper, *sl* Sinnesläppchen, *tl* Tentakellappen, *r* Ringkanal.

Bei einigen Arten kann das Sinnesepithel wegen der besonders charakteristischen Form als spezifisches Sinnesorgan bezeichnet werden, so z. B. die sogenannten Tastkämme bei Rhopalonema, von denen je zwei an der Basis der Tentakeln und je zwei in den Zwischenräumen zwischen diesen liegen. Es sind kleine zipfelförmige Hervorragungen des Epithels, die in einer geraden Linie etwa 20 lange dicht beieinander stehende Borsten tragen.

Die Randkörperchen werden fast allgemein als Sinnesorgane, als Organe zur Vermittlung von Empfindungen gedeutet

Wir müssen deshalb ihren Bau etwas ausführlicher beschreiben, um eben dann beurteilen zu können, ob wir berechtigt sind, aus dem Bau dieser Organe auf das Vorhandensein von Bewußtsein zu schließen.

Die Randkörperchen (Fig. 12, 13) dienen zum Teil zur Aufnahme von Licht, zum Teil zur Aufnahme von mechanischen Reizen; erstere sind also **photische Organe** oder **Augen**, letztere sind **mechani-**

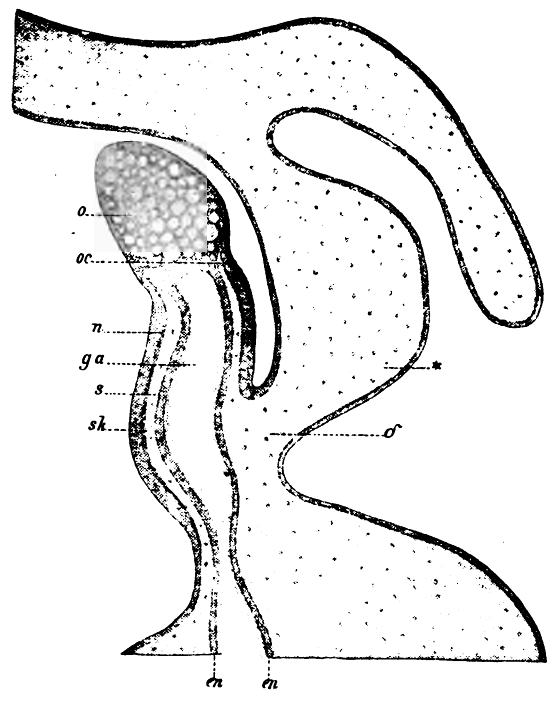


Fig. 13. Querschnitt durch den Schirmrand von Aurelia aurita, am Ursprung des Sinneskörpers, welcher der Länge nach getroffen wird. Nach O. und R. Hertwig. *o* Otolithen, *oc* Ocellus, *n* Nervenstrang, *ga* Gastrovascularsystem, *s* Stützlamelle, *sk* Sinneskörper, *en* Entoderm, *δ* Deckplatte für den Sinneskörper, * buckelförmige Verdickung der Deckplatte.

sche Organe und werden entweder als **Gehör-** oder als **statische Organe** bezeichnet. Bei den Acraspedoten kommen beiderlei Organe an demselben Randkörperchen vor, bei den Craspedoten jedoch schließt das Vorkommen von Lichtorganen das von statischen oder Gehörorganen aus, so daß man Ocellatae und Vesiculatae unterscheidet. Die einfachsten Augen erscheinen als kleine Farb-

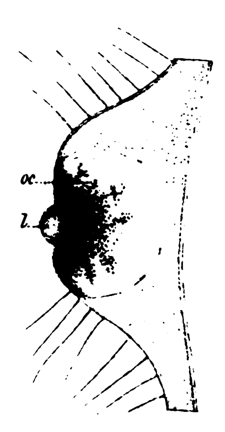


Fig. 14. Ocellus von Lizzia Kœllikeri. Nach O. und R. Hertwig.
oc Ocellus, *l* Linse.

flecke im übrigen Sinnesepithel und sind Gruppen von Sinneszellen, die von Farbzellen eingehüllt sind.[1]) Beiderlei Zellen gehen an der Basis in Nervenfasern aus, die mit dem Zentralorgane in Verbindung

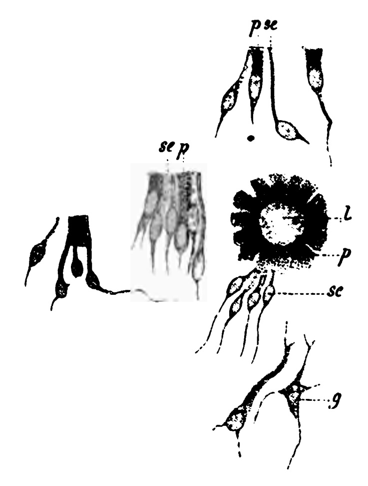


Fig. 15. Isolationspräparat aus dem Ocellus von Lizzia Kœllikeri. Nach O. und R. Hertwig.
p Pigmentzellen, *se* Sehzellen, *l* Linse, *g* Ganglienzelle.

stehen (Fig. 14, 15). Bei einer zweiten höher entwickelten Form des Auges kommt noch ein kleiner lichtbrechender Körper hinzu, der von

[1]) O. und R. Hertwig, Das Nervensystem und die Sinnesorgane der Medusen, Leipzig 1878.

einer Verdickung der Cuticula des in der Mitte des Pigmentfleckes liegenden Epithels gebildet wird. Die höchste Entwicklung zeigt das Auge bei den acraspedoten Charybdeen (Fig. 16). Hier besteht es aus einer von dem Ektoderm überzogenen Blase, deren hintere Wand eine aus Sinnes- und Farbzellen bestehende Netzhaut und deren Vorderwand eine stark gewölbte, die Netzhaut fast berührende Linse bildet, während der Raum zwischen beiden von einer strukturlosen Schichte, dem Glaskörper ausgefüllt wird; die Ektodermlage, welche die Augenmasse bedeckt, ist durchsichtig und bildet also die Cornea. Bei den Ocellaten liegen die Augen an der Basis der Tentakeln,

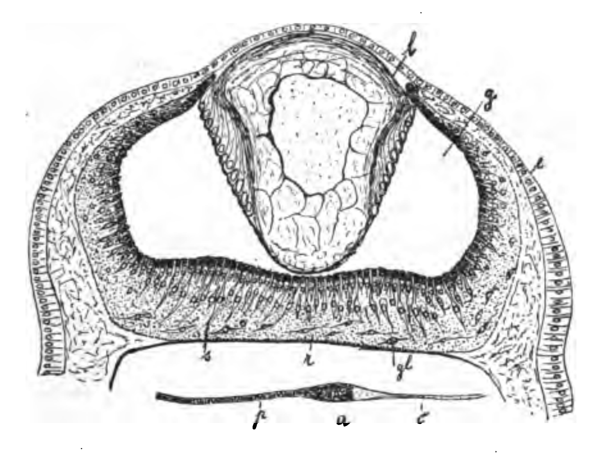


Fig. 16. Querschnitt durch das große Linsenauge von Charybdea marsupialis Nach Carrière.

e Ektoderm, *l* Linse, *g* Glaskörper, *r* Netzhaut, *s* Sehzellen, *gl* Ganglienzellen. Darunter eine einzelne Sehzelle *a* mit faserförmigem Ausläufer *c* und pigmentiertem peripheren Ende *p*.

bei den Acraspedoten bilden sie einen Teil des Sinneskörpers und liegen mit diesen in besonderen Gruben am Rande des Schirmes.

Haeckel verwirft die gewöhnliche Deutung der Randkörperchen, sowohl die als Gehörorgane als auch die als Augen, weil das oft unregelmäßig geformte Concrement nicht als Linse dienen kann.[1]) Er meint, daß bei den niederen Tieren wesentlich andere Empfindungen als bei den höheren zustande kommen, von deren eigentlicher Qualität wir uns keine Vorstellung machen können. Er hält es für

[1]) Haeckel, Die Familie der Rüsselquallen (Medusae, Geryonidae), Jenaische Zeitschr. f. Med. und Naturw. I. und II., 1864 und 1866.

wahrscheinlich, daß die Empfindungen der Licht- und Schallwellen, für welche bei den höheren Tieren verschiedene Organe vorhanden sind, bei den niederen an ein und dasselbe Sinnesorgan in unvollkommener Ausbildung gebunden vorkommen. Als ein solches „gemischtes Sinnesorgan" betrachtet er die Randkörperchen der Geryoniden.

Die mechanischen Organe, sogenannten Gehörorgane, zeigen eine verschiedene Entwicklung, lassen sich aber auf zwei Grundformen zurückführen, die sich auch auf die zwei Hauptgruppen der

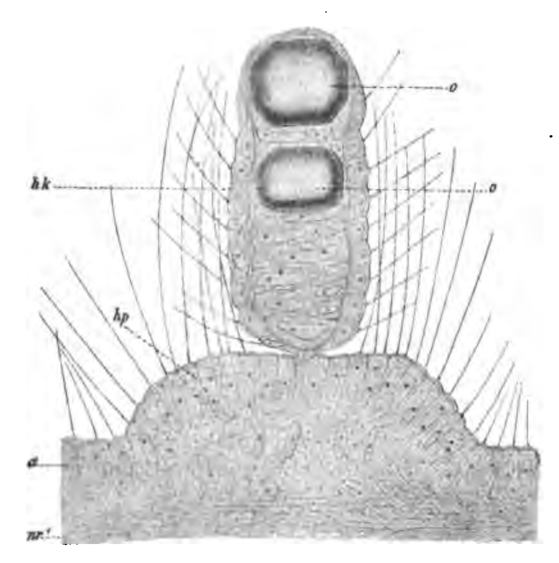


Fig. 17. Gehörorgan von Cunina lativentris. Nach O. und R. Hertwig.
o Otolith, hk Hörkölbchen, hp Hörpolster, a Sinneszellen, Sinnesepithel, nr[1] oberer Nervenring.

Medusen, die Trachymedusen und die Leptomedusen, verteilen. Die mechanischen Organe der Trachymedusen sitzen in verschiedener Zahl, je nach den einzelnen Arten und dem Alter des Tieres, von 4—100 am Schirmrande oberhalb des Velums unmittelbar auf dem oberen Nervenringe. Es sind umgeänderte Tentakeln, also auch morphologisch aus Organen zur Aufnahme von mechanischen Reizen hervorgegangene Gebilde. Die einfachste Form zeigen sie bei den Aeginiden (Fig. 17). Hier hängt von einer polsterartigen Verdickung des Epithels, dem Tastpolster, das rudimentäre Tentakelchen, das Tastkölbchen herab, nur durch einen dünnen Stiel mit dem

Polster verbunden und frei in das umgebende Medium hineinragend. Am Entoderm des Kölbchens liegt in einer oder zwei großen Zellen, den Concrementzellen, ein rundliches oder eiförmiges Concrement, das aus einer organischen Grundsubstanz und einem in Säuren leicht löslichen Kalksalz besteht. Das Ektoderm des Polsters und des Kölbchens besteht aus Sinneszellen, die nach innen in Nervenfasern übergehen und durch sie mit dem oberen Nervenringe in Verbindung stehen. Nach außen tragen sie lange feste Haare, die Tasthaare, von denen die des Polsters sehr lang sind, sich an das Kölbchen dicht anlegen und es fast vollständig einhüllen; die Haare des Kölbchens stehen ab und berühren sich vielfach mit denen des Polsters. Beiderlei Haare können einander die kleinsten, durch

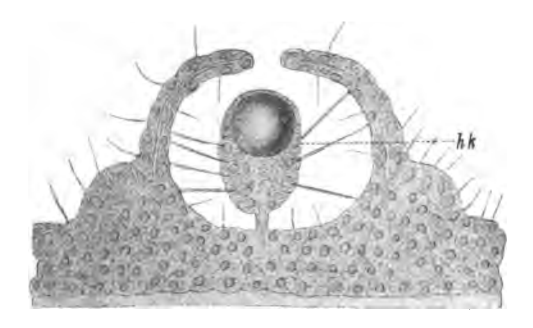


Fig. 18. Hörbläschen von Rhopalonema velatum, das noch eine kleine Öffnung an seiner freien Fläche hat. Optischer Durchschnitt. Nach O. und R. Hertwig.
hk Hörkölbchen.

einen äußeren mechanischen Reiz verursachten Schwingungen mitteilen. Die ganze Vorrichtung ist also besonders gut geeignet, leichte mechanische Reize, wie sie durch schwache Erschütterungen des Wassers oder durch Veränderungen der Körperlage vermittelt werden, aufzunehmen. Sie ist ein Aufnahmsorgan für mechanische Reize.

Bei den Trachynemiden (Fig. 18) ist das Kölbchen von einer Falte umgeben, die sich jedoch oben nicht vollständig schließt. Die Haare des Kölbchens sind so lang, daß sie die Innenwände der Falte berühren und also auch bei schwächeren Bewegungen den Reiz auf das Epithel der Falte übertragen und umgekehrt von ihm Reize aufnehmen.

Bei den Geryoniden (Fig. 19) endlich liegt das Kölbchen in einer geschlossenen Blase, die sich von der Oberfläche in die innere Gallertschichte zurückgezogen hat. Auch hier sind die Haare des Kölbchens so lang, daß sie bis zur Wand der Blase reichen und also eine gegenseitige Übertragung von Reizen vermitteln können.

Einen ganz anderen Typus zeigt das Organ bei den Leptomedusen. Hier liegt es an der unteren Seite des Velums in einem Grübchen, das entweder nach außen offen oder zu einem vollständigen Bläschen geschlossen ist. Die Wand des Bläschens besteht

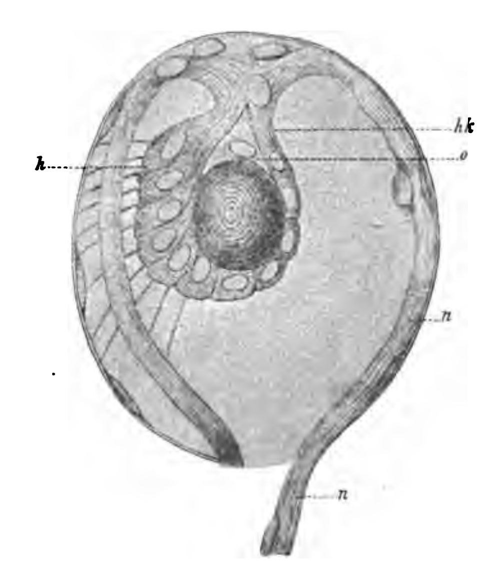


Fig. 19. Hörbläschen von Carmarina hastata. Von der Fläche gesehen. Nach O. und R. Hertwig.
h Hörzellen, *hk* Hörkölbchen, *o* Otolith, *n* Nervenstrang.

aus einem ektodermalen Epithel. Eine oder mehrere dieser Epithelzellen sind sehr groß und enthalten die Concremente. Um diese Concrementzellen herum liegen die Sinneszellen, deren Ausläufer mit dem unteren Nervenringe in Verbindung stehen und deren kurze, aber dicke Haare sich an die Concrementzellen anlegen, so daß deren Bewegung auf die Sinneszellen übertragen und von diesen dem unteren Nervenringe zugeleitet werden kann. Der ganze Apparat ist also ebenfalls ein Organ zur Aufnahme von mechanischen Reizen.

Die Randkörper der acraspedoten Medusen (Fig. 20) lassen sich morphologisch den Tastkölbchen der Trachymedusen vergleichen, es sind umgewandelte Tentakeln. Sie liegen in verschiedener Zahl, 4—16, in tiefen Ausbauchungen des Schirmrandes von zwei sogenannten Sinneslappen umgrenzt. Sie haben die Form eines Fingers oder kolbenartigen Tentakels, in dessen Achse bis zur halben Höhe beiläufig eine Ausstülpung des Gastrovascularraumes verläuft. Im basalen Teile des Tentakels, der Subumbrella zugewendet, liegen die schon erwähnten Ocelli, an deren Spitze im Entoderm die Concrementzellen, und zwar entweder nur zwei wie bei Nausithoë oder eine ganze Gruppe, die in ihrer Gesamtheit das sogenannte Kristallsäckchen bildet. Das Ektoderm bildet ein Sinnesepithel mit sehr feinen Härchen und Flimmern, die geeignet sind, äußere mechanische Reize aufzunehmen. Der ganze Apparat ist ein Organ zur Aufnahme

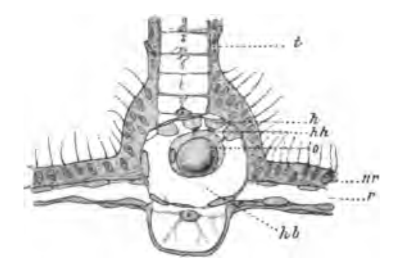


Fig. 20. Hörbläschen und Tentakelbasis von Obelia polystyla. Nach O. und R. Hertwig.

t Tentakel, *h* Hörzellen, *hh* Hörhaare, *o* Otolith, *nr* Nervenring, *r* Ringkanal, *hb* Hörbläschen.

von mechanischen Reizen. Das Fasergeflecht des Sinnesepithels bildet zugleich das Zentralorgan der acraspedoten Medusen.

Das Nervensystem der Medusen zeigt gegenüber dem der Polypen einen bedeutend höheren Grad der Entwicklung, indem es erstens aus dem Zustande der gleichmäßigen Verbreitung über den ganzen Organismus (diffuse Form des Nervensystems) zum Teil schon in den der örtlichen Lagerung (lokalisierte Form des Nervensystems) und der Massenanhäufung von nervösen Elementen (zentralisierte Form des Nervensystems) übergeht und zweitens, indem sich die Aufnahmsorgane für Reize schon zu spezifischen Sinnesorganen entwickelt haben.

2. Der Körperbau der Rippenquallen.

Die Grundform der Rippenquallen ist ein kugeliger Körper, der an einem Pol (dem oralen) die Mundöffnung, am andern (dem aboralen oder Sinnespol) den sogenannten Sinneskörper trägt. Der Körper ist gewöhnlich von zwei Seiten flach und zweistrahlig symmetrisch. Wächst der Körper nach der Längsachse stärker als nach den zwei Nebenachsen, so wird er ei- oder birnförmig, selten wird er durch sehr starkes Wachstum nach bloß einer Richtung bandförmig.

Das Nervensystem der Rippenquallen ist bisher noch nicht ausreichend bekannt. R. Hertwig[1]) unterscheidet einen ektodermalen und einen mesodermalen Teil des Nervensystems.

Als Aufnahmsorgane für äußere Reize dienen Sinneszellen, Tastpapillen, Klebzellen, der Sinneskörper und die Polplatten. Sinneszellen kommen über den ganzen Körper verbreitet vor, insbesondere am Sinneskörper am Grunde der vier Polfedern, in der Flimmerrinne und an den Plättchenreihen. Jedoch konnte ein Zusammenhang dieser Sinneszellen mit dem ektodermalen Nervengeflechte bisher noch nicht nachgewiesen werden.

Eigenartige Organe sind die sogenannten Tastpapillen bei manchen Ctenophoren. Sie haben entweder die Form von zapfenartigen, ziemlich langen Fortsätzen oder sie bilden nur schwache Hervorwölbungen der Körperoberfläche. Das Epithel der Spitze ist mit Drüsen und Sinneszellen dicht besetzt; aber auch ein Nervengeflecht läßt sich erkennen und mittels eines eigenen Muskelapparates kann die Papille bedeutend verlängert oder verkürzt werden. Bei manchen Formen kommen sie über den ganzen Körper, besonders häufig aber zu beiden Seiten der radiären Streifen vor, bei manchen Arten aber sind sie spärlicher und nur auf die aborale Körperfläche beschränkt.

Die Klebzellen kommen an den Fangfäden oder Tentakeln vor. Diese entspringen am Grunde von tief eingestülpten Taschen, in die sie auch zurückgezogen werden können. Der epitheliale Überzug besteht nebst den Epithel- und Sinneszellen noch aus den sogenannten Greif- oder Klebzellen. Sie enthalten ein sehr klebriges Sekret und sitzen ähnlich wie der Körper einer Vorticella

[1]) R. Hertwig, Studien zur Keimblattheorie, III. Über den Bau der Ctenophoren, Jena 1880, S. 122 f.

auf einem spiralig eingerollten Muskelfaden, der von einem anklebenden Tierchen bei seinen Fluchtversuchen zwar lang ausgezogen wird, sich aber vermöge seiner Kontraktionen wieder aufrollt und

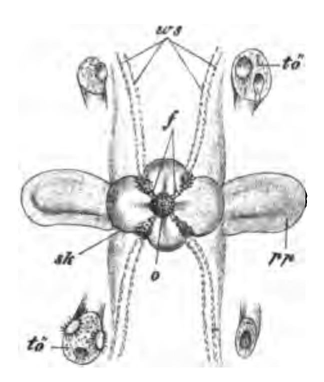


Fig. 21. Aboraler Körperpol von Callianira bialata. Nach Lang.

Wimperstreifen, *f* Federn, welche den Otolithen *o* tragen, *sk* Sinneskörper, *pp* Polplatten, *tö* Öffnungen der Trichtergefäße.

dadurch die Klebzelle samt dem Beutetierchen an den Fangfaden heranzieht.

Im Ektoderm des aboralen Poles liegt in einer flachen Grube, deren Epithel aus sehr langen, mit einem Büschel von Härchen ver-

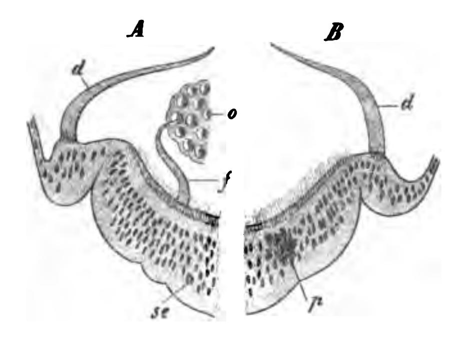


Fig. 22 Querschnitt durch den Sinneskörper von Callianira, links (*A*) durch das Zentrum, rechts (*B*) etwas exzentrisch geführt. Nach R. Hertwig.

f Federn, welche den Otolithenhaufen *o* tragen, *d* Dach der Sinnesgrube, *se* Sinneszellen, *p* Pigmentzellen.

sehenen Sinneszellen besteht, der Sinneskörper (Fig. 21). Am Rande der Grube erheben sich starre Haare und fügen sich zu einem glockenartigen Aufsatz zusammen. Von dem Grunde der Grube

erheben sich vier stets in zitternder Bewegung befindliche Federn, die sich oben zueinander neigen und ein kugeliges Bläschen mit einem ganzen Häufchen von Concrementen tragen, den sogenannten Otolithen (Fig. 22). Von dem Fußpunkte der vier Federn gehen zwei Reihen von Flimmerrinnen aus, an welche die bis zum oralen Pol verlaufenden sogenannten Meridianstreifen anschließen. Die Wimpern der Flimmerrinnen zeigen eine eigenartige Form und Anordnung. Sie sind am Ursprunge gerade aufgerichtet, das letzte Drittel aber ist rechtwinklig umgebogen und legt sich auf das umgebogene Ende der nächsten Wimper. Dadurch wird eine ununterbrochene Wimpernverbindung zwischen dem Sinneskörper und den Meridianstreifen hergestellt. Die letzteren sind Epithelwülste, auf denen reihenförmig hintereinander die Ruderplättchen aufsitzen, durch deren rhythmische Schwingungen die ganzen Tiere fortbewegt werden.

Dem Ektoderm gehören auch die Polplatten an. Sie liegen in der Nähe der Sinneskörper und stehen mit ihnen sowie mit der Flimmerrinne in unmittelbarer Verbindung. Sie werden von einem Sinnesepithel bedeckt, dessen Zellen zum Teil sehr lange und dicke, zum Teil nur sehr kurze und feine Wimpern tragen. Sie werden als Geruchs- oder Geschmacksorgane bezeichnet.

B. Die Lebenserscheinungen.

1. Die Lebenserscheinungen der Nesseltiere.

a) Die Erscheinungen des Stoffwechsels.

Die Aufnahme der Nahrung geschieht bei allen Nesseltieren durch den Mund. Zum Ergreifen der Beute dienen eigene Organe, die Tentakeln bei den Polypen und vielen Craspedoten, die Fangfäden bei den Siphonophoren, die Mundarme bei den Acraspedoten. Diese Organe sind mit Nesselzellen dicht besetzt. Sobald nun ein schwimmendes Tier die Fangarme berührt, fahren aus den Nesselkapseln die Fangfäden heraus, hängen sich an die Beute, halten sie fest und lähmen sie mit ihrem ätzenden Inhalt, sofern sie nicht stark genug ist, sich noch zur rechten Zeit loszureißen. Bei Hydra kann man beobachten, wie kleine Tierchen, z. B. Wasserflöhe, an den Fangarmen hängen bleiben und gelähmt ihre sonst sehr lebhaften Bewegungen einstellen. Nun zieht sich der berührte Fangarm allmählich zusammen, manchmal tun dies auch die benachbarten, bis die Beute nahe an den Mund gebracht ist und von diesem ergriffen

werden kann. Bei diesem Vorgang wird allerdings eine große Anzahl von Nesselfäden verbraucht; aber der Vorrat ist ein ungemein großer. Die rote Seerose, Actinia mesembryanthemum, z. B. hat in einem Fangarme von mittlerer Größe mehr als vier Millionen reifer Nesselkapseln und überdies unter den reifen überall jungen Nachwuchs, der die verbrauchten schnell wieder ersetzt. Bei Actinien, die in Aquarien gehalten werden, kann man den Vorgang der Nahrungsaufnahme leicht beobachten. Sobald das Futter, das ihnen gereicht wird, ein Stückchen Fleisch, ein kleiner Fisch oder ein Krebs, einen der Fangarme berührt, legen sich auch schon die anderen um die Beute und bringen sie zum Munde. Dabei findet dem Anscheine nach eine gewisse Auswahl unter den dargebotenen Nahrungsmitteln statt. J. Loeb [1]) band an das eine Ende eines kurzen Fadens ein in Seewasser aufgeweichtes Papierkügelchen, an das andere ein Stückchen Krebsfleisch und warf das ganze auf die ausgestreckten Tentakeln einer Actinia equina (mesembryanthemum). Die Tentakeln, die von dem Fleischstücke berührt wurden, reagierten sofort mit Krümmungen, durch die das Fleischstückchen an den Mund gebracht wurde; die von dem Papier berührten hingegen reagierten nicht. Wurde sodann der Faden umgekehrt auf die Tentakeln gelegt, so daß nun die vorher von dem Papier berührten Tentakeln von dem Fleische berührt wurden, so reagierten wieder nur die von dem Fleische berührten, die von dem Papiere berührten aber nicht. Dieser Versuch zeigt, daß die Reizwirkung nicht von den Berührungsreizen allein, sondern auch von den chemischen Reizen der Nahrung ausgeht; die Reizwirkung ist eine Krümmung der Tentakeln in dem Sinne, daß sie gegen das Fleisch konkav werden und daß sie sich mit dem Fleische gegen die Mundöffnung krümmen.

Kleinere Beutestücke, wie Diatomeen oder Infusorien, werden von den Pseudopodien der Entodermzellen ergriffen und in das Innere der Zellen befördert, um daselbst verdaut zu werden. Größere Tiere jedoch werden unter der Einwirkung der von den Drüsenzellen des Entoderms abgesonderten verdauenden Flüssigkeit zersetzt, hierauf von den Pseudopodien ergriffen und in das Innere der Entodermzellen aufgenommen. Die Verdauung erfolgt also zum

[1]) J. Loeb, Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie und vergleichende Psychologie, Leipzig 1899. Zur Physiologie und Psychologie der Actinien, Pflüg. Arch. B. 59, 1895.

Teil noch intrazellular, der Hauptsache nach aber schon extrazellular oder enterisch, d. h. der Vorgang der Verdauung vollzieht sich in einer besonderen Verdauungshöhle, dem Gastrovascularraum. Die Ektodermzellen werden durch Diffusion von dem Entoderm her mit verdauter Nahrung versorgt, sie assimilieren zwar, aber sie verdauen nicht. Die unverdaulichen Bestandteile der Beute, harte Teile des Körpers, wie z. B. die Panzer von Diatomeen und Crustaceen, werden aus den Entodermzellen in den Gastruvascularraum ausgeschieden und von da mit dem Wasserstrom durch die Mundöffnung aus dem Körper entfernt.

b) Die Erscheinungen des Formwechsels.

Die individuelle Anpassung ist bei den Nesseltieren im Gegensatze zu der der Schwämme eine ganz geringe, die Individuen derselben Art sind nur wenig verschieden. Desto größer aber ist die generelle Anpassung. Sie zeigt sich in mannigfacher Weise. Zunächst in histologischer Beziehung als zellulare Anpassung, als Anpasung einzelner Zellformen an bestimmte Verrichtungen. Die Körperwände bestehen schon aus drei verschiedenen Zwecken dienenden Schichten und selbst die Zellen der einzelnen Schichten sind verschieden entwickelt je nach ihrer Verrichtung. Das Ektoderm dient als allgemeine Körperbedeckung zum Schutze nach außen, es dient aber auch als Sinnesepithel der Aufnahme von Reizen, als Muskelepithel der Bewegung und damit auch der Abwehr von Reizen; subepithelial entwickeln sich Nesselzellen zu Reflexorganen für die Aufnahme und sofortige Abwehr von Reizen, Muskelfasern zur Bewegung, Ganglienzellen und Nervenfasern zur Weiterleitung von Reizerregungen. Das Mesoderm dient zur Stütze des Körpers, besonders wenn es ein festes Skelett abscheidet. Das Entoderm dient insbesondere der Verdauung und Ausscheidung.

Die Anpassung zeigt sich in morphologischer Beziehung als organische Anpassung, d. h. als Anpassung des ganzen Tieres oder einzelner Organe an die äußeren Lebensverhältnisse. Es kommt zur Ausbildung bestimmter Körperteile für bestimmte Verrichtungen, wie der Fangarme und Mundlappen im Äußeren, der Mesenterialalten im Innern des Körpers. Auch die Gesamtform des Tieres zeigt eine Mannigfaltigkeit wie kaum in einer anderen Tiergruppe und dabei infolge der Anpassung an die gänzlich verschiedenen Lebensverhältnisse, wie sie das Leben von festsitzenden oder frei

herumschwimmenden Tieren mit sich bringt, eine solche Verschiedenheit im morphologischen Bau, daß uns nur die Entwicklungsgeschichte die Einheit des Typus erkennen läßt. Ja, die Gesamtform wechselt auch im Leben des einzelnen Tieres mit der Änderung der Lebensweise (Generationswechsel) und in Kolonien zeigen die einzelnen Individuen derselben Art verschiedene Formen nach der verschiedenen Verrichtung (Polymorphismus).

Wie bei den Schwämmen werden auch bei den Nesseltieren die Stufen der ontogenetischen Entwicklungsreihe, Wachstum und Vermehrung, nicht streng voneinander geschieden. Die Vermehrung erscheint als Wachstum über das individuelle Maß hinaus. Die Vermehrung ist entweder eine ungeschlechtliche oder eine geschlechtliche. Erstere geschieht durch Knospung; die Knospen lösen sich entweder von dem Muttertiere los, wie die Knospen der Süßwasserpolypen, vieler marinen Hydroidpolypen und Scyphopolypen, oder sie bleiben miteinander in Verbindung und bilden dann Tierstöcke entweder gleichartig oder verschieden geformter Individuen (monomorphe und polymorphe Kolonien).

Die geschlechtliche Vermehrung erfolgt durch Eier und Samenzellen. Nur ausnahmsweise wird das Ei noch im Muttertiere an der Stelle seiner Entstehung befruchtet, wie bei den Süßwasserpolypen und manchen Medusen, indem die Samenfäden in das Wasser entleert werden und mit dem Wasser zum Ovarium gelangen. In der Regel treffen die Eier mit den Samenfäden erst außerhalb ihres Entstehungsortes zusammen, entweder noch im Leibesraume, wie bei den Korallopolypen, oder außerhalb des mütterlichen Körpers im Seewasser, wie bei den meisten Medusen.

Die Entwicklung beruht gewöhnlich auf einer Metamorphose. Aus dem Ei entwickelt sich durch wiederholte Zellteilung die Morula, aus dieser die Flimmerlarve, die Blastula, die eine Zeit lang im Wasser frei herumschwimmt, dann aber ihre Wimpern verliert und durch Umbildung zur Gastrula die polypoide Form annimmt.

c) Die Erscheinungen des Energiewechsels.

α) Anscheinend spontane Bewegungen.

Amöboide Bewegungen sind nur an den Nährzellen des Entoderms zu beobachten; sie strecken nämlich pseudopodienartige Fortsätze aus, um damit die Nahrungsbestandteile zu erhaschen

und in ihr Inneres hineinzuziehen. Etwas häufiger kommt Bewegung mittels Geißeln und Cilien vor. Bei den Samenfäden und den Flimmerlarven dient sie zur Ortsbewegung, bei den Nährzellen des Entoderms, um die Weiterbewegung des Wassers im Gastrovascularraum zu bewirken. Die wichtigste Art der Bewegung bei den Nesseltieren ist die Kontraktionsbewegung. Bei den Hydroidpolypen, z. B. bei Hydra, kann man beobachten, daß sich ihre Körperform infolge der Muskelzusammenziehungen fortwährend ändert; einmal streckt sich der Körper soweit aus, daß die Länge die Breite 15mal übertrifft und die Tentakeln wie lange Fäden erscheinen, ein anderes Mal zieht er sich fast zu einer Kugel zusammen, an der die Tentakeln als kleine stumpfe Knöpfchen erscheinen. Bei dem ausgestreckten Tiere sind die Tentakeln in fortwährender Bewegung begriffen, sie drehen und krümmen sich nach allen Seiten. Außer diesen Bewegungen, die bei der festsitzenden Hydra zu beobachten sind, kann sich das Tier auch langsam von der Stelle wegbewegen, und zwar entweder nach Art einer Spannerraupe durch abwechselndes Aufsetzen der Arme und der Fußscheibe, oder es kriecht wie ein Tintenfisch auf den Tentakeln, wobei der Körper fast vertikal in die Höhe gehalten wird. Bei den Korallopolypen ist die Beweglichkeit des Körpers eine viel geringere als bei den Hydroidpolypen. Actinien können auf der Fußscheibe langsam den Ort verändern und auch die Tentakeln sind in steter schlangenartig sich drehender und krümmender Bewegung. Die Muskelzusammenziehungen der Medusen dienen der Ortsveränderung, der Ernährung und dem Kreislaufe. Bei der Zusammenziehung der ektodermalen Subumbrellarmuskulatur wird der Hohlraum unter der Glocke verengert und dadurch das Wasser hinausgetrieben, der Rückstoß treibt den Körper in entgegengesetzter Richtung fort. Als Antagonist gegen die Zusammenziehung wirkt die Elastizität der Schirmgallerte. Aber auch der innere Gastrovascularraum wird durch die Zusammenziehung und Ausdehnung verengert und erweitert und dadurch die Flüssigkeit in ihm hin und herbewegt, zum Teile aus dem Munde hinausgetrieben und mit neu aufgenommenem Wasser gemischt. Die Zusammenziehungen der Glocke erfolgen beim ruhig im Wasser schwimmenden Tiere synchron und in gleichmäßigem Rhythmus, d. h. der ganze Körper zieht sich in gleichen Zeitabschnitten zusammen; nur von Zeit zu Zeit findet eine Beschleunigung oder Verlangsamung statt. Bei Tage erfolgt

die Bewegung ununterbrochen, auch wenn sich die Tiere nicht von der Stelle bewegen, nur von Zeit zu Zeit setzen sie einen Augenblick aus, aber immer nur auf kurze Zeit. Es scheint, daß die Bewegungen auch zur Nachtzeit erfolgen, wenigstens fand Eimer[1]), so oft er seine Versuchstierchen zur Nacht besuchte, ihren Schirm in Tätigkeit. Einzelne Formen der Medusen sitzen auf einer stilartigen Verlängerung des aboralen Poles oder auf einer saugscheibenartigen Platte der Exumbrella fest. Manche haben am Ende der Tentakeln kleine Saugscheiben, mittels deren sie auf einer festen Unterlage kriechen können. Andere saugen sich mit ihrer Mundöffnung fest und führen eine parasitische Lebensweise.

β) Reizwirkungen.

Reizversuche sind mit Nesseltieren nur wenig gemacht worden. Bei Hydra wurde beobachtet, daß sie gegen Lichtunterschiede empfindlich sind und sich regelmäßig an der Stelle des sonst verdunkelten Glases ansammeln, wo das Licht eintreten kann. Auch für mechanische Reize ist Hydra ziemlich empfindlich. Eine leichte Drehung des Glases, in dem man sie hält, und die dadurch bewirkte schwache Bewegung des Wassers veranlaßt schon das Tier, sich kugelig zusammenzuziehen.

Auch Anthozoen sind empfindlich gegen Reize verschiedener Art, chemische, mechanische und photische. Gegen chemische Reize, wie z. B. Narcotica, verhalten sich die Actinien ähnlich wie höhere Tiere. Durch Opium und Chloroform kann die Erregbarkeit bedeutend herabgesetzt und durch letzteres Mittel vorübergehend ganz aufgehoben werden; doch dauert die Einwirkung viel länger als bei höheren Tieren. Einzelne Arten allerdings zeigen sich ungemein widerstandsfähig. O. und R. Hertwig spritzten wiederholt starke Opium- und Morphiumlösungen in den Magen einer Sagartia, ohne daß das Leben des Tieres dadurch aufgehoben worden wäre. Auch gegen Curare und selbst gegen Cyankali und Blausäure zeigten sie sich widerstandsfähig, die Tiere wurden zwar somnolent, reagierten aber sofort auf stärkere mechanische Reize.

Äußerst empfindlich sind die Anthozoen für mechanische Reize. Wenn man z. B. einen Tentakel von Sagartia parasitica bloß berührt, so wird nicht nur der ganze Tentakelkranz, sondern auch die Mundscheibe eingezogen und der Rand des Mauerblattes legt

[1]) Eimer, Zool. Untersuchungen, Würzburg 1874, Heft 1.

sich schützend über diesen Teil hinüber. Bei sehr starken Reizen zieht sich die ganze Muskulatur zusammen; dabei wird die im Gastrovascularraum enthaltene Flüssigkeit durch den Mund und die Poren der Tentakeln und des Mauerblattes entleert und das Volumen des Körpers bis auf $^1/_3$ oder $^1/_{10}$ verringert. Nach einiger Zeit werden die eingezogenen Organe wieder langsam entfaltet. Je stärker der Reiz, desto stärker die Zusammenziehung und je stärker die letztere, desto längere Zeit dauert es, bis das Tier sich wieder zur normalen Größe entfaltet hat. So oft man den Versuch wiederholt, Zusammenziehung und Entfaltung äußern sich immer in der gleichen Weise.[1] Versuche mit Cerianthiden, die J. Haime[2] angestellt hat, führten zu ganz denselben Ergebnissen. Auch dieser Beobachter macht ausdrücklich darauf aufmerksam, daß die Kontraktionen mit der größten Genauigkeit und Schnelligkeit ausgeführt werden und ganz an ähnliche Handlungen höherer Tiere, wie der Serpula und Sabella, erinnern.

Bei empfindlichen Anthozoen, wie Sagartia und Cerianthus, kann man teilweise Zusammenziehungen einzelner Teile, z. B. Krümmung bloß eines Tentakels, nur bei sehr vorsichtiger und ganz schwacher Reizung erreichen, oder wenn ihre Empfindlichkeit durch Chloroform herabgesetzt worden ist. Bei weniger empfindlichen Formen, z. B. den Antheen, zieht sich auf die Berührung gewöhnlich nur der von dem Reize betroffene Tentakel zusammen. Erst wenn der Reiz stärker wird, löst er auch eine Kontraktion aller übrigen Tentakeln aus. Die Entfernung, in die sich die Reizerregung fortpflanzt, steht also mit der Empfindlichkeit des getroffenen Organes und der Stärke des Reizes in geradem Verhältnis.

Die Empfindlichkeit ist nicht an allen Körperstellen desselben Individuums gleich groß. Wie Heider[3] betont hat, genügt bei Sagartia schon eine schwache Berührung eines Tentakels oder der Mundscheibe, um eine Kontraktion hervorzurufen, wogegen das Tier gar nicht reagiert, wenn man bei klaffendem Munde, ohne die Lippen zu treffen, die Wände des Mundrohres und des Magens berührt

---

[1] Heider, Sagartia troglodyta Gosse, ein Beitrag zur Anatomie der Actinien. Sitzungsbericht der k. Akademie d. Wissensch., math.-nat. Klasse, Bd. 75, Abt. 1, 1877, S. 374. — O. u. R. Hertwig, Die Actinien, Jena 1879, S. 189 ff.

[2] J. Haime, Mémoire sur le Cérianthe. Ann. des Sciences. Nat. Soc. 4. Sér. T. I, p. 348.

[3] Heider, a. a. O. S. 387.

Auch das Mauerblatt zeigt im Verhältnis zu der Mundscheibe eine geringe Empfindlichkeit. Die verschiedene Empfindlichkeit an verschiedenen Körperstellen stimmt ganz mit der Verteilung der Sinneszellen und der Nervenschichte über die Körperoberfläche überein. Aber nicht bloß für verschiedene Reizstärken, sondern auch für verschiedene Reizqualitäten zeigen verschiedene Körperstellen verschiedene Empfindlichkeit. Schneidet man (Loeb 33) eine Actinia equina der Quere nach durch und macht Fütterungsversuche mit dem Kopfstücke, so zeigt sich, daß nicht bloß mit dem Munde, sondern auch mit der Schnittfläche Nahrung aufgenommen wird, aber während die Tentakeln nach wie vor wählerisch sind und nur Fleischstückchen aufnehmen, werden von der Schnittfläche auch Papierstückchen in den Gastrovascularraum hineingezogen. Die Schnittfläche ist also für Berührungsreize, nicht aber für chemische Reize empfindlich.

Andererseits zeigt aber auch dieselbe Körperstelle Abstufungen in der Empfindlichkeit für verschiedene Reizunterschiede derselben Qualität. Die Actinia equina heftet sich (Loeb 34), wenn sie keine andere Unterlage findet, auch an eine Glaswand an, aber sie gleitet auf derselben hin und her. Kommt sie jedoch auf die Schale einer Muschel oder das Blatt einer Pflanze, so heftet sie sich sofort an diesen Gegenstand an und bleibt festsitzen. Die Wirkung erreicht eben gerade bei diesem Reiz ihr Optimum und verursacht einen Stillstand des Tieres und der fortwährend wirkende Reiz hält auch das Tier dauernd fest. Berührung von glatten und rauhen Gegenständen löst also verschiedene Reizwirkungen aus. Und bewegt sich die Unterlage, etwa eine Schnecke, eine Muschel oder ein Krebs weiter, so lösen alle die Erschütterungen bei der Weiterbewegung, auch das Anstreifen an andere Gegenstände keine Bewegung der Tentakeln aus, wohl aber bewegen sich diese sofort, wenn ein Beutetierchen an sie anstößt. Das läßt darauf schließen, daß die Tentakeln doch mehr für chemische als für mechanische Reize empfindlich sind. Endlich scheint es nach den Versuchen Loebs, als ob für verschiedene Reizqualitäten auch Unterschiede in der Richtung der Reizleitung vorhanden wären. Daraus nämlich, daß bei dem Versuche mit der durchschnittenen Actinia equina zwar beide Schnittflächen Fremdkörper aufnehmen, sowohl die am Kopf- als auch die am Fußstücke, aber die erstere alles ohne Wahl, die letztere jedoch nur Fleischstücke und keine Papierkügelchen oder

Sandkörner, so daß also letztere nicht nur für die Berührungs-, sondern auch für chemische Reize empfindlich ist, müßte man schließen, daß sich der Erregungszustand, der durch chemische Reize ausgelöst wird, nur nach einer bestimmten Richtung fortpflanzt. Das ließe sich als eine durch tausendfache Übung erworbene Fähigkeit erklären. Hat sich in den Tentakeln nämlich die Aufnahmsfähigkeit für chemische Reize entwickelt und wird der Erregungszustand durch Tausende von Generationen immer in der Richtung von den Tentakeln gegen den Mund und weiter nach abwärts fortgeleitet, so ist es begreiflich, daß sich eine bleibende Fähigkeit für die Fortleitung chemischer Reize nach bestimmten Richtungen herausbildet und daß sich diese Fähigkeit also auch nur an der Schnittfläche des Fußstückes zeigt.

Loeb (34) hat bei gewissen Actinien auch geotropische Erscheinungen beobachtet. Setzt man einen Cerianthus mit dem Kopfe nach unten und dem Fuße nach oben in ein mit Seewasser gefülltes Reagensglas, so krümmt sich das Tier mit dem Fuße nach abwärts und hebt den Kopf, bis es vollständig aufrecht steht. Legt man den Cerianthus in horizontaler Lage auf ein Drahtnetz, das man auf ein im Aquarium stehendes Glas gelegt hat, so zeigen sich Erscheinungen wie bei dem Wachstum horizontal gestellter Pflanzenwurzeln. Der Fuß krümmt sich nach wenigen Minuten nach abwärts und zwängt sich durch die Maschen des Drahtnetzes durch, immer weiter, bis das Tier endlich in vertikaler Stellung mit dem Kopfe nach aufwärts feststeckt. Kehrt man nun das Drahtnetz um, so daß der Fuß nach oben gerichtet ist, so zieht sich das Tier nicht etwa aus dem Drahtnetz heraus, sondern der Fuß krümmt sich, gerade wie es eine Pflanzenwurzel tun würde, nach abwärts und zwängt sich soweit als möglich durch die Maschen des Netzes durch. Dreht man das Netz noch einmal um, so wiederholt sich der Vorgang. Macht man in der Mitte des Cerianthuskörpers einen Quereinschnitt, so bohrt sich der Fuß bis zu der Stelle des Einschnittes durch und stellt sich vertikal. Das orale Stück dagegen bleibt horizontal auf dem Drahtnetze liegen. Und durchschneidet man den Körper vollständig, so zwängt sich das Fußstück durch wie beim unverletzten Tier, hie und da auch das Kopfstück, und zwar mit der Schnittfläche nach abwärts. Die geotropische Reizbarkeit ist also am größten am Fuße, sie wirkt aber in allen Teilen in derselben Richtung, ähnlich wie wir ja auch früher schon bei chemischen Reizen eine

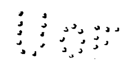
immer in derselben Richtung wirkende Leitungsfähigkeit kennen gelernt haben.

Gegen Lichtreize reagieren manche Anthozoen in einer sehr auffallenden Weise. Quatrefages [1]) ließ auf die ausgebreiteten Tentakeln einer Edwardsia mittels einer Linse konzentriertes Lampenlicht auffallen und bemerkte, daß sie sich sehr rasch einzogen, sich aber, wenn die Beleuchtung aufhörte, bald wieder entfalteten. J. Haime (a. a. O. S. 348) setzte Cerianthus dem direkten Sonnenlichte aus und bemerkte, wie das Tier plötzlich seine Tentakeln erhob und sie einander näherte, aber sie bei andauernder Beleuchtung, wenn auch nur sehr unvollständig, wieder ausbreitete. Es findet also eine langsame und geringe Anpassung an den Reiz statt. Sehr empfindlich gegen Licht sind Formen, die in größerer Meerestiefe leben, wie z. B. Cladactis Costae. Im Tageslicht zieht sie ihren ganzen Körper stark zusammen und dehnt sich erst wieder aus, wenn es zu dunkeln beginnt.

Interessant ist die Beobachtung, daß Körperteile, die von dem Tiere losgetrennt wurden, noch lange Zeit nachher ihre Empfindlichkeit bewahrten. Heider (a. a. O. S. 374) beobachtete bei Sagartia parasitica, daß bei einer sehr starken Reizkontraktion aus den Öffnungen des Mauerblattes eine Anzahl von Mesenterialfilamenten heraustritt und bei weiterer Reizung zuletzt abgerissen wird. Diese sterben aber nicht sofort ab, sondern schlängeln sich noch tagelang am Boden des Gefäßes herum. Und Parker hat beobachtet, daß abgetrennte Tentakeln auch nach der Lostrennung noch ihre Greif bewegungen ausführen.

Die Medusen sind empfindlich gegen photische, mechanische, chemische und elektrische Reize; um die Wirkung von photischen Reizen zu untersuchen, brachte Romanes in eine im Dunkeln gehaltene Glasglocke 300 Exemplare von Sarsia. Ließ er nun einen starken Lichtstrahl in das Wasser fallen, so sammelten sich die Medusen am zahlreichsten an der dem Lichte zunächst gelegenen Seite des Gefäßes. Wurde dem Lichtstrahle eine andere Richtung gegeben, so folgten die Medusen nach. Sie verhielten sich also lichtfreundlich, photophil. Um zu zeigen, daß die Ocelli der Sitz der Lichtempfindlichkeit sind, gab Romanes in ein einseitig beleuchtetes Gefäß neun der Augenflecken beraubte und drei

[1]) Quatrefages, Mémoire sur les Edwardsies. Ann. des Scienc. Nat.-Zool. 2. Ser. T. XVIII, 1842, p. 76.



gesunde Individuen. Letztere suchten das Licht auf, erstere hingegen schwammen herum, ohne von dem Lichtstrahle beeinflußt zu werden.

Versuche über die Empfindlichkeit der Medusen für mechanische Reizungen haben Romanes und Eimer angestellt, beide zu dem Zwecke, die Frage nach dem Vorhandensein eines Nervensystems auf experimentellem Wege zu lösen. Romanes [1]) machte seine Versuche mit craspedoten und acraspedoten Medusen, unter ersteren insbesondere mit Sarsia tubulosa, einer sehr beweglichen Ocellata. Wenn er den ganzen Schirmrand abschnitt (also auch den Nervenring, von dessen Vorhandensein er jedoch keine Kenntnis hatte), so hörten die rhythmischen spontanen Schwimmbewegungen gänzlich auf, während der Rand ungestört fortfuhr, rhythmische Bewegungen auszuführen. Blieb nur ein kleiner Teil des Schirmrandes erhalten, so dauerten die Bewegungen, besonders wenn ein Augenfleck in ihm enthalten war, fort, jedoch beträchtlich abgeschwächt. Ausschneiden der Augenflecken setzte die Beweglichkeit in sehr auffallender Weise herab. Aber auch bei vollständiger Entfernung des Schirmrandes ist die Bewegungsfähigkeit nicht vollständig verloren. Ein starker Druck von außen ruft eine einmalige Kontraktion hervor und wird diese Reizung häufig wiederholt, so kann die Meduse in ähnlicher Weise wie ein enthaupteter Frosch in Bewegung versetzt werden. Die Muskeln behalten also die Reizbarkeit unabhängig von dem Nervensystem. Um über die Art der Fortpflanzung des Reizes Aufschluß zu erhalten, machte Romanes in die Glocke der Meduse radiale Einschnitte von dem Rande gegen die Mitte und mit ihnen abwechselnd von der Mitte bis in die Nähe des Randes. Bei einem anderen Versuche löste er durch einen Kreisschnitt den Schirmrand (samt dem Nervenring) bis auf eine Stelle ab und zerschnitt von diesem aus den Schirm in Form eines spiralig gewundenen Streifens. Sodann reizte er den Schirmrand und beobachtete, daß sich die auf den Reiz erfolgende Kontraktionswelle über den ganzen Schirm fortpflanzte. War jedoch der spiralige Streifen oder die Verbindungsbrücke zwischen je zwei radialen Einschnitten zu schmal, so wurde die Kontraktionswelle nicht fortgesetzt, obwohl der jenseits gelegene Teil des Schirmes

[1]) Romanes, Preliminary Observations on the locomotor System of Medusae. Philosophical Transactions of the royal society of London. Vol. 166. Part. 1. London, p. 269—319; ferner: Jelly-fish, Star-fish and Sea-Urchins, The International Scientific Series 1893.

durch lokalisierte Reizung noch erregbar war. Romanes schloß aus seinen Versuchen 1. auf das Vorhandensein eines hochgradig lokalisierten Systems von Nervenzellen für spontane Bewegungen am Schirmrande, insbesondere im Umkreise der Ocellen; 2. auf das Vorhandensein von Nervenbahnen am Schirme, welche die Erregung von dem Zentralorgane über die übrigen Teile des Schirmes weiterleiten. Diese Nervenbahnen können aber nicht Nervenstränge von regelmäßigem Verlauf wie bei den höheren Tieren sein, denn sonst hätte durch die radialen und spiraligen Schnitte, die ja auch diese Nervenstränge durchschnitten hätten, vollständige Lähmung der Meduse eintreten müssen. Da dies eben nicht der Fall war, kann die Leitungsbahn nur die Form eines Nervengeflechtes haben. Es ist nun höchst interessant, daß diese Schlüsse über den Bau und die Lage des Nervensystems, die Romanes nur aus seinen physiologischen Versuchen zog, später durch die anatomischen Untersuchungen von O. u. R. Hertwig bestätigt wurden.

Romanes hat auch Versuche mit acraspedoten Medusen angestellt und ein Zentralorgan in den acht Randkörpern gefunden, während sich die dazwischenliegenden Teile des Schirmrandes als vollkommen bedeutungslos für die Reizungen des Körpers herausstellten. Die Abtrennung des ganzen Schirmrandes oder die bloße Zerstörung des Sinneskörpers ruft jedoch nur eine vorübergehende Lähmung hervor; nach einer bei den verschiedenen Arten verschieden langen Zeit treten aufs neue rhythmische Kontraktionen ein, wenngleich weniger kräftig als vorher. Bei den Acraspedoten mit dem weniger hochentwickelten Nervensystem ist also die Auslösung der rhythmischen spontanen Bewegungen nicht so strenge an ein Zentralorgan gebunden wie bei den Craspedoten. Durch Versuche mit methodisch angelegten Schnitten kam Romanes zu dem Ergebnis, daß bei den Acraspedoten auch ein peripherisches Nervensystem vorhanden sein muß. Auch dieser Schluß über den Bau des Nervensystems bei den Acraspedoten wurde durch die späteren anatomischen Untersuchungen bestätigt. Unaufgeklärt blieb nur noch die Art der Verbindung zwischen Nervenzentrum und peripherischem Geflechte.

Der Synchronismus, d. h. die Koordination der Bewegungen kann gestört werden, wenn sowohl bei craspedoten als auch bei acraspedoten Medusen hinreichend tiefe radiale Einschnitte gemacht werden. Die einzelnen Sektoren bewegen sich dann nicht mehr synchron. Macht man jedoch, ohne den Rand zu verletzen, bloß

einen Schnitt in den Schirm, so wird der Synchronismus nicht gestört.

Interessant für das Verständnis der Art und Weise, wie die Nahrung ergriffen wird, sind die Versuche Romanes mit Tiaropsis indicans. Reizt man mit einer Nadel einen Punkt der konkaven Seite des Schirmes, so krümmt sich in dem Meridian, der durch den Berührungspunkt geht, sowohl die Glocke als auch das Mundrohr, bis die Mundöffnung die Berührungsstelle erreicht hat.[1])

Eimer[2]) stellte nur mit acraspedoten Medusen Versuche an. Eine Lähmung, die jedoch keine vollkommene ist, tritt nach Eimer nur dann ein, wenn man außer den Randkörpern auch die umliegende 1 *mm* breite Gewebszone, die er als die Kontraktionszone bezeichnet, ausschneidet. Letztere zieht sich dann in gewöhnlichem Rhythmus unbehelligt weiter zusammen; und selbst wenn die Randkörper zerstört werden, wird die Bewegung nur vorübergehend aufgehoben, um nach einiger Zeit im gewöhnlichen Rhythmus wieder zu beginnen. Eimer führte auch in ähnlicher Weise wie Romanes Schnitte durch den Schirm und kam zu dem Ergebnis, daß die Erregungen von einem Teile des Schirmes auf den andern übertragen werden, wenn die Verbindungsbrücke nicht zu schmal ist. Eimer schließt daraus, daß, wenn überhaupt Nervenfäden die Verbindung besorgen, diese in hohem Grade einander zu vertreten vermögen.

Romanes hat auch elektrische Reize angewendet, um die verschiedene Reizbarkeit einzelner Körperteile der Medusen zu zeigen. Das Ergebnis dieser Versuche war, daß die Reizbarkeit von dem aboralen Pole bis zum Rande der Schwimmglocke wächst und in der Gegend der Sinneskörper größer ist als in dem andern Teile des Randes.

Auf die Einwirkung von chemischen Reizen fand Romanes dieselben Rückwirkungen wie beim Nervenmuskelgewebe der höheren Tiere. Sowohl die losgetrennten lokalisierten Zentren als auch die verstümmelte Schwimmglocke antworteten auf verschiedene Reize, Säuren, Lösungen von Metallsalzen, Alkalien, Äther, Glyzerin usw. Auch Süßwasser wirkt als schädlicher Reiz.

V. Graber[3]) stellte Untersuchungen über die Empfindlichkeit verschiedener Medusen für einige Riechstoffe an, und zwar für Asa

[1]) Romanes, Jelly-fish etc.; Loeb 19.
[2]) Eimer, Zoolog. Untersuchungen, Würzburg 1874, Heft 1.
[3]) V. Graber, Biolog. Zentralblatt 8, 1888/89.

foetida, Rosenöl und Rosmarinöl. Am wenigsten empfindlich zeigten sich die Saumquallen. Obelia geniculata antwortete nicht einmal auf Ammoniak. Etwas empfindlicher zeigte sich Olindias Müllerii, die nach längerer Einwirkung von Rosmarinöl durch schwache Zusammenziehung des Schirmes antwortete. Am empfindlichsten ist Carmaria hastata, deren Magenstiel selbst gegen Rosenöl etwas empfindlich zu sein scheint, während die Tentakeln sich erst nach Anwendung von Rosmarinöl zusammenzogen. Von Röhrenquallen machte Graber Versuche mit Agalma Sarsii, die gegen Rosenöl nicht reagierte, wohl aber gegen Rosmarinöl und einige andere Riechstoffe. Bei hinreichend starker Annäherung zieht sich der Stamm des Tieres zusammen, und zwar entweder nur der obere die Schwimmglöckchen tragende Teil oder das ganze Rohr nebst seinen Anhängen. Bei Einwirkung von Asa foetida und Ammoniak sinkt die Kolonie in die Tiefe und verharrt mehrere Sekunden im Kontraktionszustande. Vellela spirans zeigte sich gegen Rosenöl völlig empfindungslos, dagegen brachte Rosmarinöl und Asa foetida schon nach 5—8″ eine ziemlich heftige Zusammenziehung des ganzen Körpers hervor. Von Kammquallen prüfte Graber ganz junge Exemplare von Beroë ovata. Sie erwiesen sich etwas empfindlicher als die Saumquallen, aber weniger als die Röhrenquallen.

2. Die Lebenserscheinungen der Rippenquallen.

Die Nahrung wird entweder mit der Mundöffnung direkt aufgenommen oder vorher mittels der Fangfäden festgehalten. Die Mundöffnung ist entweder sehr groß, so daß sie selbst Tiere von der eigenen Körperbreite aufnehmen kann, oder sie ist von großen Lippen umgeben, deren Epithel mit ungemein dicht nebeneinanderstehenden Sinneszellen und einer reichen Muskulatur ausgestattet ist. Dabei ist der Mundrand und ein Teil des Magens mit säbelförmigen Zellen dicht besetzt, die sich als Widerhaken in die gefaßte Beute einschlagen und sie festhalten. Bei jenen, die Fangfäden haben, bewegen sich diese fortwährend hin und her und beherrschen dadurch ein ziemlich weites Jagdgebiet ihrer Umgebung. Berührung durch einen Fremdkörper wirkt als Reiz zunächst auf die Klebzellen, durch deren Sekret das Nahrungstier festgehalten wird, dann aber auch auf die empfindlichen Muskeln, die den ganzen Senkfaden durchziehen und sich je nach dem Reize verschieden zusammenziehen. Dadurch entstehen verschiedenartige Krümmungen

der Fangfäden. Kommt dabei die Nahrung mit der Mundöffnung in Berührung, so wird sie von ihr ergriffen und in das Innere des Körpers befördert. Die Nahrung wird im Magen verdaut und unverdauliche Reste werden durch den Mund entleert. Die verflüssigte Nahrung kommt sodann in den Trichter und wird von hier durch die Kanäle zu den Leibesorganen geleitet, während der überschüssige Teil den Körper durch die Trichteröffnung verläßt.

Die individuelle Anpassung ist gering, die generelle dagegen sehr groß. Das zeigt sich in der Mannigfaltigkeit der Körperformen. Wenn auch die Kugelform die gewöhnliche ist, so kommen doch auch sack- und sogar bandartige Formen vor.

Die Rippenquallen sind Zwitter. Die Geschlechtsprodukte werden in den Rippengefäßen erzeugt, getrennt voneinander in den Gastrovascularraum entleert und von hier durch die Mundöffnung ausgeworfen. Niemals erfolgt eine Befruchtung der Eizelle noch am Orte ihrer Entstehung.

Von den verschiedenen Arten der Bewegung spielt die mittels der Wimpern bei den Rippenquallen eine bedeutend größere Rolle als bei anderen Schlauchtieren. Denn die Fortbewegung des Körpers wird hauptsächlich durch die Schwingungen der aus verwachsenen Cilien entstandenen Schwimm- oder Ruderplättchen auf den acht Meridianstreifen bewirkt. Ein jedes dieser Ruderplättchen übt einen lebhaften Schlag gegen den Sinnespol aus und kehrt dann langsam wieder in die Ruhelage zurück, ganz wie wir es bei den Urtieren kennen gelernt haben. Indem sich diese Schläge nach und nach durch die ganze Reihe von dem Sinnespol bis zum Mundpol fortsetzen, gleiten wellenähnliche Bewegungen über die einzelnen Rippen hinweg, welche das Tier mit dem Mundpol voran durch das Wasser treiben. Entweder schwingen gleichzeitig die Plättchen aller oder nur einzelner Rippen; in letzterem Falle aber schwingen nach Chun[1]) die Plättchen der zwei Rippen, die von derselben Feder ausgehen, immer gleichzeitig und in demselben Rhythmus. Je nachdem die Plättchen aller oder nur einzelner Rippen schwingen, ist die Fortbewegung des ganzen Tieres eine geradlinige oder eine mannigfach gekrümmte. Die Flimmerbewegung spielt auch eine große Rolle für die Fortbewegung der Nahrung im Körper, die allerdings auch durch die Zusammenziehungen des Körpers

[1]) Chun, die Ctenophoren des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte, Leipzig 1880.

vermittels der Muskulatur unterstützt wird, wie ja überhaupt Muskel- und Wimperbewegung bei den Rippenquallen vielfach zusammenwirken. Die gelappten Ctenophoren z. B. haben am oralen Ende flügelartige Anhänge, die sogenannten Aurikeln, die mit einer Reihe dichtgedrängter Schwimmplättchen versehen sind. Infolge der Muskelkontraktionen nehmen die Aurikeln eine sehr verschiedene Gestalt an, bald sind sie kurz und halbkugelig, bald sehr lang und wurmförmig, dabei bewegen sie sich durch lebhafte Schläge der Plättchen fortwährend hin und her und dienen dadurch der Erhaltung eines beständigen und raschen Wasserwechsels und der Herbeiführung der Nahrung.[1]) Einige Ctenophoren, die mit großen Mundschirmen versehen sind, können sich mit ihrer Hilfe auch fortbewegen. Die Eucharisarten z. B. geben sich durch Zuklappen und Einrollen der Mundschirme Stöße, die sie 15—25 *cm* weit forttreiben und wenn sie schnell aufeinanderfolgen, eine kontinuierliche Ortsbewegung nach Art der Medusen mit dem aboralen Pol voran erzeugen. Dabei sind die Fangfäden entweder eingezogen oder wie ein Steuer nach rückwärts gerichtet. Der Venusgürtel (Cestus Veneris) kann sich sowohl mittels der Muskeln als auch mittels der Wimpern fortbewegen. Er hat die bandartigen Seitenteile des Körpers bald mehr, bald weniger eingerollt, bald ausgestreckt. Er kann sich durch das bloße Spiel der Wimpern schwebend erhalten oder durch das Schlagen der Ruderstreifen mit der Mundseite voran fortbewegen, außerdem aber auch noch mittels der kräftigen, dicht nebeneinander laufenden Horizontalmuskeln schlangenartige Bewegungen ausführen. Bei vielen Ctenophoren beobachtete man eigentümliche Zusammenziehungen des Körpers, teils ruckartige Bewegungen des Körpers durch örtliche Zusammenziehungen, die namentlich bei Reizungen auftraten, teils langsame, oft ringförmig von einem Pol zum andern verlaufende Einschnürungen von peristaltischem Charakter. Diese Bewegungen bewirken nur Gestaltveränderungen, sie stehen zum eigentlichen Orts- und Lagenwechsel der Tiere in keiner näheren Beziehung.[1])

Reizversuche sind mit Rippenquallen nur in sehr beschränktem Maße gemacht worden. Reize werden im Körper außerordentlich rasch fortgeleitet. Berührung einer Beroë veranlaßt das Tier zu

[1]) Bronn, II. Bd. 2. Abt. 140. — M. Verworn, Gleichgewicht und Otolithenorgan, Pflügers Arch. 50, 1891.

[1]) M. Verworn, Gleichgewicht und Otolithenorgan, Pflügers Arch. 50, 1891, S. 433.

augenblicklichen Zusammenziehungen des Körpers, bei denen der Trichterpol und die Plättchenreihen eingezogen und weit auseinandergelegene Muskelmassen gleichzeitig in Tätigkeit versetzt werden. Hertwig schließt daraus auf das Vorhandensein eines ausgedehnten mesodermalen Nervengeflechtes. Außerordentlich reizbar sind die Tastpapillen. Berührt man nur eine Papille mit einer Nadel, so verlängert sich nicht bloß diese, sondern auch die benachbarten Papillen und suchen sich mit ihren scheibenartigen Enden an den Gegenstand festzukleben.

Eimer[1]) zerschnitt Beroiden der Quere nach in drei Stücke, so daß eines den Mund-, ein anderes den Sinnespol enthielt, das dritte aus dem mittleren Körperabschnitt gebildet wurde. Alle drei Stücke verhielten sich fast gleichartig sowohl im Vergleiche zueinander als auch zu unverletzten Tieren. Nur erholten sich die Stücke mit dem Sinneskörper rascher als die anderen. Bei einem andern Versuche wurde der Zusammenhang in einer Reihe der Schwimmplättchen unterbrochen, indem einige Plättchen mit der darunterliegenden Gallerte herausgeschnitten wurden. Pflanzte sich die Schwingungswelle von einem Sinnespol bis zur Unterbrechungsstelle fort, so dauerte es nun einige Zeit, ehe auch der weitere Teil der Ruderplättchen in Schwingung geriet. Dabei herrschte auch ein verschiedener Rhythmus in beiden Teilen, bis nach einiger Zeit ein Ausgleich stattfand. Anfangs brachte Berührung des einen Teiles nur diesen zum Stillstande, allmählich erfolgte auch hier eine Anpassung, indem bei Reizung des oberen Teiles auch der untere zu schlagen aufhörte, während der obere von dem unteren in seiner Tätigkeit nicht gehemmt wurde. Wenn man mittels eines Kreisschnittes den Zusammenhang in allen Teilen der Ruderplättchen aufhob, stellte sich die physiologische Kontinuität nicht vollkommen her. Eimer fand in diesen Versuchen die Bestätigung des Ergebnisses seiner histologischen Untersuchungen über das Nervensystem der Rippenquallen, daß nämlich ein streng lokalisiertes Zentral-Nervensystem den Ctenophoren abgeht, daß dagegen Nervenelemente durch den ganzen Körper verbreitet, aber etwas reichlicher am aboralen Pol angehäuft sind, daß endlich die einzelnen Teile des Nervensystems füreinander zu vikarieren vermögen.

M. Verworn[2]) stellte Beobachtungen und Versuche mit ver-

[1]) Eimer, Versuche über die künstliche Teilbarkeit von Beroë ovata, Arch. f. m. Anat. XXII. S. 213—217.

[2]) M. Verworn, Gleichgewicht u. Otolithenorgan, Pflügers Arch. f. Ph. 50, 1891.

schiedenen Ctenophoren (Beroë ovata und Forskalii, Eucharis multicornis, Bolina hydatina, Cestus Veneris) an, um die Bedeutung des Otolithenorganes festzustellen. Wenn die Tiere ganz unverletzt waren, zeigten sie in der Ruhe fast immer eine genau lotrechte Einstellung ihrer Längsachse, und zwar stand ein Teil der Tiere am Boden mit dem Mundpol nach abwärts, ein anderer Teil hing an der Oberfläche des Wassers mit dem Mundpol nach aufwärts. In dieser Stellung verharrten sie oft stundenlang. Bisweilen verließ ein Exemplar seine Ruhelage, schwamm eine Zeitlang in verschiedenen Richtungen umher und kehrte dann stets wieder in seine frühere lotrechte Lage zurück. Die Veranlassung für das Verlassen der Ruhelage liegt in der Einwirkung verschiedener Reize. Scheint z. B. die Sonne in das Gefäß mit den Versuchstieren, so verlassen sie ihre Gleichgewichtsstellung. Verschwindet die Sonne, so kehren sie wieder in sie zurück. Wurden die Tiere, und zwar sowohl die an der Oberfläche als auch die am Boden des Gefäßes, vorsichtig mit einem Glasstab in eine andere Axeneinstellung gebracht und eine Strecke seitwärts geführt oder auch ganz umgedreht, so kehrten sie stets langsam, aber sicher wieder in die lotrechte Lage zurück. Diese Axeneinstellung ist also die normale Ruhelage der Tiere. Sie wird durch aktive Bewegungen der Schwimmplättchen bewirkt, „und zwar in einer so exakten und sicheren Weise, wie sie physikalische Versuche auszeichnet“ (454). Stärkere Reize, z. B. Stich mit einer Nadel oder wiederholtes Umdrehen, sind oft Veranlassung, daß die Tiere aus der Gleichgewichtslage am Boden in die an der Oberfläche übergehen und umgekehrt. Da sich sowohl das spezifische Gewicht des ganzen Tieres als auch das der beiden Körperpole zeitweilig ändert, können mitunter auch passive Schwingungen in der Gleichgewichtsstellung eintreten. Die Bewegung der Schwimmplättchen wird ausgelöst durch die Bewegung der vier Federn, und zwar werden je zwei Wimpernreihen durch eine Feder in Bewegung gesetzt. Die Bewegung der Federn ist das Ergebnis aus ihrer eigenen, durch innere Impulse verursachten, scheinbar spontanen und der durch Reize ausgelösten Bewegung. Dieser Reiz wird gegeben durch den wechselnden Zug und Druck, den der Otolith auf die Federn ausübt, zwischen denen er aufgehängt ist. Wirkt der Otolith gleichmäßig auf alle vier Federn, so werden auch alle vier und dadurch auch die Schwimmplättchen aller acht Rippen in gleicher Weise schlagen, so daß das Tier die lotrechte Lage einnimmt. Wird das

Tier jedoch in die horizontale Lage gedreht, so zieht der Otolith die oberen Federn an, so daß sie sich nicht bewegen können, die unteren jedoch schwingen weiter, also auch die mit ihnen in Verbindung stehenden Wimperreihen der nach unten gerichteten Körperseite; daher muß sich das Tier mit dem Sinnespol in der Richtung der tätigen Körperseite drehen und sich also wieder der Ruhelage nähern. Wird das Otolithenorgan entfernt, so bewegen sich die Wimpernreihen zwar auch noch, aber unabhängig voneinander, bald schnell, bald langsam, bald rhythmisch, bald ohne Rhythmus. Die Folge ist, daß die Tiere in unregelmäßigen Kurven durch das Wasser schwimmen oder auch in horizontaler Lage am Boden liegen, niemals kommt aber wieder die charakteristische Gleichgewichtsstellung vor. Um aber zu beweisen, daß die Gleichgewichtsstellung bloß durch das Otolithenorgan und nicht etwa durch das dicht unter demselben gelegene Epithel bewirkt wird, zerstörte M. Verworn dieses Gewebe, aber ohne das Otolithenorgan zu verletzen. Die Tiere nahmen die Gleichgewichtsstellung in derselben exakten Weise ein wie die unverletzten. Es dürfte also wohl kein Zweifel mehr sein, daß das Otolithenorgan eine regulative Bedeutung für die Gleichgewichtsstellung der Ctenophoren hat.

Chun und Verworn haben auch Versuche angestellt, ob das Otolithenorgan für akustische Reize empfindlich ist, aber niemals auch nur die geringste Wirkung bemerkt. Mit Recht bemerkt Verworn, daß ja die Tiere unter gewöhnlichen Lebensverhältnissen wohl kaum jemals irgendwelchen Schallreizen ausgesetzt sein werden, deren Vermeidung oder Aufsuchung ihnen von Nutzen wäre, daß also die Erregbarkeit durch akustische Reize für diese Tiere gar keine Bedeutung hätte. Da somit dieses Organ nicht zur Aufnahme von akustischen Reizen, sondern zur Herstellung der Gleichgewichtsstellung dient, schlägt Verworn statt des bisherigen unpassenden Namens Otolith den seinem Zwecke besser entsprechenden Namen Statolith vor.

C. Entscheidung der Frage, ob den Nesseltieren und den Rippenquallen Bewußtsein zukommt.

1. Das Nervensystem.

In den Nesseltieren und Rippenquallen begegnen wir zum ersten Male Tieren, bei denen das Vorhandensein eines Nervenmuskelsystems mit Sicherheit nachgewiesen und allgemein anerkannt

ist. Es wird also die Frage, ob ein Schluß von dem Vorhandensein des Nervensystems auf das von Bewußtsein erlaubt ist, mit besonderer Genauigkeit untersucht werden müssen. Das Nervenmuskelsystem besteht aus dreierlei Zellen, Sinnes-, Ganglien- und Muskelzellen. Alle drei sind ursprünglich Epithelzellen und fähig, auf äußere Reize direkt zu reagieren, aber sie unterscheiden sich voneinander dadurch, daß eine jede außerdem noch eine besondere Verrichtung übernommen und sich dafür morphologisch angepaßt hat. Die Sinneszellen sind durch spezifische End- und Verstärkungsapparate (Haare, Farbstoffe, Linsen, Konkremente) besonders geeignet gemacht, sinnliche Reize aufzunehmen. Die Ganglienzellen sind durch Fasern einerseits mit den Sinneszellen, anderseits untereinander und mit den Muskelzellen verbunden und haben, wie durch die Versuche von Romanes und Eimer nachgewiesen wurde, die Fähigkeit, den durch einen Reiz verursachten Erregungszustand von den Sinneszellen zu übernehmen und durch ihre faserigen Ausläufer zu anderen Ganglienzellen weiterzuleiten. Die Muskelzellen endlich haben die Fähigkeit, den Erregungszustand von den Nervenfasern zu übernehmen und sich daraufhin zusammenzuziehen. Die Sinneszellen sind also der Verrichtung nach Aufnahmsorgane für den sinnlichen Reiz, die Ganglienzellen sind Leitungs- und die Muskelzellen Kontraktionsorgane. Die Zellen der ersten Art empfangen den Reiz, die Zellen der zweiten Art übertragen ihn und die der dritten Art setzen ihn in Bewegung um. Bei einzelligen Organismen sind diese drei Verrichtungen: Reizbarkeit, Leitung der Erregung und Zusammenziehung an dieselbe Zelle gebunden, bei mehrzelligen Organismen tritt eine Anpassung der Zellen nach Bedürfnis, Form und Lage für je eine dieser drei Verrichtungen, also eine Arbeitsteilung ein.

Die Zellen zur Aufnahme des Reizes können entweder Reize verschiedener Art aufnehmen oder sie zeigen eine weitere Anpassung an eine bestimmte Reizart. Die Zellen der ersteren Art müssen vor allem eine Bedingung erfüllen, sie müssen eine freie, protoplasmatische Oberfläche haben, wie dies bei den Nähr- und Drüsenzellen, den Epithelmuskelzellen, den Klebzellen der Rippenquallen und endlich den mit weichen protoplasmatischen Härchen versehenen Sinnes- und Nesselzellen der Fall ist. Die protoplasmatische Oberfläche sichert diesen Zellen die dem Protoplasma überhaupt zukommende generelle Empfänglichkeit für Reize verschiedener Art.

Diese Zellen zerfallen wieder in zwei Gruppen. Die einen haben vermöge ihrer morphologischen Einrichtung die Fähigkeit, den aufgenommenen Reiz auch selbst zu beantworten, das sind die Nähr-, Drüsen-, Epithelmuskel-, Nessel- und Klebzellen; andere aber haben diese Fähigkeit nicht, sie sind bloß Aufnahmsorgane und müssen den Reiz zur Beantwortung an andere Zellen übergeben, das sind die Sinneszellen. Wo diese Zellen an Körperteilen vorkommen, die ebenso gut dem Angriffe des einen wie des andern Reizes ausgesetzt sind, dort werden sie wohl auch der Aufnahme verschiedener Reize dienen, wie z. B. die über den ganzen Körper zerstreuten Sinneszellen der Nesseltiere und Rippenquallen und bei den Rippenquallen ganz besonders das Sinnesepithel der Polplatten und der flachen Grube, in welcher der Sinneskörper entspringt. Die Polplatten der Rippenquallen sind übrigens nicht bloß durch ihre exponierte Lage am aboralen Körperpol, sondern auch durch ihre Ausstattung mit zum Teil langen, festen, zum Teil kurzen, weichen Hârchen sowohl zur Aufnahme mechanischer als auch anderer Reize eingerichtet. Wo diese Zellen an Körperteilen vorkommen, die vorwaltend der Einwirkung einer bestimmten Reizart ausgesetzt sind, dort werden sie natürlich auch vorwaltend Reize dieser Art aufnehmen; und kommen die Sinneszellen an eben diesen Körperteilen in besonderer Häufigkeit und Anordnung, in Form von Sinnesepithel vor, so nähern sie sich in ihrer Funktion schon sehr den Aufnahmsorganen mit spezifischer Energie. So z. B. werden wir die sogenannten Riechgruben der Scyphomedusen, das sind von flimmerndem Sinnesepithel ausgekleidete Gruben oberhalb des Randkörpers am Schirmrande, weil sie eben wegen ihrer Lage mit mechanischen Reizen weniger in Berührung kommen als mit chemischen, als ein vorwaltend chemisches Organ betrachten können; hingegen die Nesselpolster an den Tentakeln der Polypen und Medusen, die Nesselringe am Schirmrande, die Nesselstreifen auf der Glocke der Medusen und endlich die Tastpapillen der Rippenquallen, weil sie mehr mit mechanischen Reizen in Berührung kommen als die Sinneszellen an anderen diesen Reizen weniger ausgesetzten Körperteilen, als ein vorwaltend mechanisches Organ erklären müssen. Aber es sind keine spezifischen Organe bloß für mechanische oder bloß für chemische Reize; sie dienen nicht vermöge ihres Baues, sondern nur vermöge ihrer Lage mehr für die Aufnahme der einen oder der anderen Reizart.

Anders ist es bei jenen Sinneszellen, die nicht nur wegen ihrer Lage am Körper, sondern auch vermöge ihres anatomischen Baues besonders zur Aufnahme einer Reizart eingerichtet sind, wie es bei den Randkörpern der Medusen, den Tastkämmen von Rhopalonema und Aglaura, beim Sinneskörper und den Polplatten der Ctenophoren der Fall ist. Die sogenannten Ocelli sind vermöge ihres anatomischen Baues bloß zur Aufnahme von Lichtreizen geeignet. Niemals fehlen bei den Ocelli Pigmentzellen. Nun haben aber Pigmente die Fähigkeit, das Licht zu absorbieren, d. h. photische Energie in chemische umzusetzen. Diese überträgt sich auf die Sinneszellen und verstärkt die in ihnen durch den Lichtreiz an und für sich schon ausgelöste Wirkung. Wo noch linsenförmige Körper hinzutreten, ist dem Organe die Möglichkeit gegeben, auch schwache Lichtreize aufzunehmen. Denn die gewöhnlich stark konvexe Linse wirkt als Sammelapparat und Lichtreize, die allein zu schwach wären, die Sinneszellen zu erregen, können dies, wenn sie durch den Sammelapparat vereinigt werden. Auch bei dem am höchsten entwickelten Auge, dem großen Linsenauge von Charybdea marsupialis, ist die Linse wegen ihrer Form und Lage nicht geeignet, auf der Netzhaut ein Bild zu erzeugen, sondern sie wirkt gleichfalls als Sammelapparat. Zu den Sinneszellen, also den eigentlichen Aufnahmsorganen, treten zwei Hilfsorgane nicht nervöser Natur hinzu, die Linse als Lichtsammler und die Pigmentzellen zur Umwandlung der photischen Reizenergie in chemische. Die Ocelli sind also vermöge ihres anatomischen Baues bloß zur Aufnahme einer Reizart, nämlich des Lichtreizes geeignet. Die Versuche von Romanes haben gezeigt, daß die Ocelli auch wirklich Lichtorgane sind.

Als ein spezifisches Aufnahmsorgan, d. h. als ein Organ, das vermöge seines Baues zur Aufnahme bloß einer Reizart eingerichtet ist, müssen wir auch die sogenannten Gehörorgane der Medusen und der Ctenophoren betrachten. Bei jenen Medusen, bei denen dieses Organ nach außen offen ist, also mit dem Wasser in freier Berührung steht, wie bei den Aeginiden, Trachynemiden und manchen Leptomedusen, sind die Härchen der Sinneszellen bedeutend fester als die der gewöhnlichen Sinneszellen, also zur Aufnahme von chemischen Reizen weniger geeignet, wohl aber wegen ihrer leichten Beweglichkeit durch das bewegte Wasser zur Aufnahme von mechanischen Reizen. Bei jenen Medusen, bei denen das Organ in ein Bläschen eingeschlossen ist, also mit dem umgebenden Medium nicht in Verbindung

steht, sind chemische Reize ganz ausgeschlossen, keineswegs aber mechanische Reize, wenn sie stark genug sind, sich durch die Wand des Bläschens fortzupflanzen. Namentlich aber sind sie geeignet zur Übermittlung von Reizen, wie sie durch Lageveränderung der Tiere entstehen. Zu den eigentlichen Endorganen nervöser Natur in den sogenannten Gehörorganen, nämlich zu den mit Härchen versehenen Sinneszellen, treten in einigen Fällen tentakelartige Fortsätze mit Konkrementzellen hinzu, die stets so befestigt sind, daß durch die Bewegungen des umgebenden Mediums oder bei Lageveränderungen des Körpers auch die Konkremente sehr leicht in Mitbewegung versetzt werden. Da aber die Konkrementzellen mit den Härchen der Sinneszellen in direkter Verbindung stehen, können sich ihre Bewegungen mit Leichtigkeit auf die letzteren übertragen und dadurch die Wirkung, die durch den mechanischen Reiz in den Härchen an und für sich ausgelöst wurde, verstärken. Diese tentakelartigen Kölbchen mit den Konkrementzellen sind also Mittel zur Verstärkung des Reizes ähnlich wie die Pigmentzellen und Linsen bei den Lichtorganen. Der ganze Apparat des sogenannten Gehörorganes der Medusen stellt sich vermöge seines anatomischen Baues als ein spezifisches Organ zur Aufnahme von mechanischen Reizen dar.

Als ein spezifisches Organ zur Aufnahme von mechanischen Reizen können wir auch die sogenannten Tastkämme von Rhopalonema und Aglaura betrachten.

Ganz besonders interessant sowohl in morphologischer als in physiologischer Beziehung ist der Sinneskörper der Rippenquallen. Die langen steifen Haare, die den glockenförmigen Aufsatz am Rande der Grube bilden, sind vermöge ihrer exponierten Lage und ihrer festeren Beschaffenheit zur Aufnahme von mechanischen Berührungsreizen geeignet; die auf beweglichen Federn ruhende und deshalb jede Bewegung des Wassers leicht mitmachende Konkrementkugel ist besonders geeignet, mechanische Reize aufzunehmen, die durch den Stoß des bewegten Wassers infolge des Windes oder des Herannahens eines fremden Organismus oder bei dem Anschwimmen des Tieres gegen einen festen Gegenstand oder endlich auch durch Veränderungen in der Lage des Tieres selbst verursacht werden. Endlich ist das Sinnesepithel der flachen Grube am Grunde der elastischen Federn, welche die Konkrementkugel tragen, vermöge der dünnen und weichen Härchen zur Aufnahme nicht nur von

mechanischen, sondern auch von chemischen und anderen Reizen geeignet. Der Sinneskörper der Ctenophoren ist also trotz der spezifischen Anpassung einzelner Teile für mechanische Reize, und zwar, wie die Versuche von Verworn bewiesen haben, für mechanische Reize ganz bestimmter Art, nämlich der durch Lageveränderung des Körpers hervorgebrachten, doch auch ein Aufnahmsorgan für Reize verschiedener Art. Die Zweckmäßigkeit dieser Einrichtung wird uns klar, wenn wir berücksichtigen, wie der von dem Sinneskörper aufgenommene Reiz beantwortet wird. Ein histologischer Zusammenhang des Sinneskörpers mit dem Nervengeflecht konnte bisher noch nicht nachgewiesen werden. Wir dürfen deshalb auch nicht annehmen, daß der im Aufnahmsorgan durch den Reiz ausgelöste Erregungszustand durch besondere nervöse Leitungsbahnen bis zum Bewegungsorgan weiter geleitet wird, sondern in der Flimmerrinne von Zelle zu Zelle vermöge der dem Zellprotoplasma überhaupt zukommenden Reizbarkeit. Wahrscheinlich wird diese Art der Übertragung des Erregungszustandes durch Zellkontakt noch verstärkt durch die eigenartige Anordnung der Wimpern in der Flimmerrinne, die einerseits an die Federn des Sinneskörpers, anderseits an die ersten Schwimmplättchen des Bewegungsorganes anstoßen und mit den umgebogenen Spitzen aufeinanderruhen, also eine ununterbrochene Kontaktverbindung zwischen Sinneskörper und Bewegungsorgan herstellen. Da aber das Bewegungsorgan nicht bloß auf mechanische, sondern auch auf andere Reize reagieren soll, um das Tier aus dem Bereiche des schädlichen und in den Bereich des nützlichen Reizes zu bringen, müssen ihm eben auch Reize verschiedener Art zugeführt werden. Das ist ja tatsächlich möglich, da, wie wir oben gehört haben, der Sinneskörper nicht bloß der Aufnahme mechanischer, sondern auch anderer Reize dient. Das Bewegungsorgan kann also durch die Flimmerrinne auf kürzestem Wege durch Reize verschiedener Art in Tätigkeit versetzt werden. Daraus, daß nach den Versuchen von O. Hertwig (120) die Bewegung der Schwimmplättchen auch dann erfolgt, wenn der Sinneskörper entfernt wird, müssen wir schließen, daß den Schwimmplättchen Erregungen auch von anderer Stelle des Ektoderms zugeführt werden können, oder daß die Schwimmplättchen selbst imstande sind, Reize aufzunehmen, gerade so wie die Cilien der Urtiere, oder endlich, daß sie durch innere Reize in Bewegung versetzt werden. Durch die Entfernung des Sinneskörpers werden ja nicht

alle Reize ausgeschlossen, sondern nur eine besondere Gruppe, für die sich eben in dem Sinneskörper ein besonderes Aufnahmsorgan ausgebildet hat.

Wollten wir nun diesen Aufnahmsorganen bestimmte spezielle Namen geben, so könnten wir den Namen entweder von der Art des aufgenommenen Reizes oder von der Art der Wirkung nehmen. Die einen Organe dienen zur Aufnahme sowohl von mechanischen als auch chemischen, vielleicht auch thermischen und photischen Reizen, die anderen sind morphologisch angepaßt zur Aufnahme von photischen oder zur Aufnahme von mechanischen Reizen. Erstere können, da sie nicht zur Aufnahme bloß einer Reizart dienen, auch nicht nach einer spezifischen Reizart benannt werden, es sind eben Aufnahmsorgane allgemeiner Natur, Aufnahmsorgane schlechtweg ohne spezielle Bestimmung. Die letzteren aber sind spezifische Aufnahmsorgane, also nach dem Reize mechanische oder photische Organe. Gewöhnlich werden sie aber als Tast-, Geruchs-, Gehörs- und Sehorgane bezeichnet. Das sind Namen, die von menschlichen Sinnesorganen genommen sind und sich auf die Wirkung beziehen. Sehen wir nun nach, was für Wirkungen tatsächlich durch sie ausgelöst werden, ob also die Namen für die entsprechenden menschlichen Sinnesorgane auch für die Nesseltiere und Rippenquallen in Anwendung gebracht werden dürfen.

In dem von dem Reize zunächst getroffenen Teile der Zelle tritt eine Änderung im augenblicklichen Gleichgewichtszustande des Protoplasmas ein, also wahrscheinlich eine Umlagerung der Moleküle, die wir als den molekularen Erregungszustand bezeichnen. Dieser ist das Ergebnis der Umwandlung der aufgenommenen Energieform in die chemische Energie des Protoplasmas. Die Umlagerung der Moleküle, d. h. der molekulare Erregungszustand pflanzt sich im Protoplasma der Zelle fort und geht bei jenen Zellen, die schon an und für sich zur Beantwortung des Reizes eingerichtet sind, auf den Teil der Zelle über, an welchem die Reizwirkung ausgelöst wird, also auf den kontraktilen Teil und veranlaßt die Kontraktion. Die Wirkung der Kontraktion ist nun eine verschiedene: Bei Reizung der Epithelmuskelzellen eine Formveränderung des Körpers oder eine Ortsveränderung, bei den Nesselzellen das Hinausschleudern der Nesselfäden, bei den Nährzellen das Ausstrecken der Pseudopodien und die Aufnahme der Nahrung, bei den Drüsen- und Klebzellen die Ausscheidung des Sekretes. Bei Zellen, die bloß zur

Aufnahme des Reizes geeignet sind, also bei Sinneszellen, wird der Erregungszustand auf die faserförmigen Ausläufer eben dieser Zellen übertragen, von diesen auf das Nervengeflecht und von diesem endlich auf das motorische Organ, die Muskeln. Wo ein Nervengeflecht, das die Aufnahmsorgane mit den Bewegungsorganen verbindet, nicht nachgewiesen werden konnte, wie bei den Ctenophoren, muß die Übertragung des Reizes von dem Aufnahmsorgan von Zelle zu Zelle bis zum Bewegungsorgan stattfinden. Für die Deutung der Aufnahmsorgane ist die Rolle von Wichtigkeit, die das nervöse Leitungsorgan bei der Auslösung der Reizwirkung übernimmt.

Bei jenen Formen, die bloß ein diffuses Nervengeflecht haben, also bei den Polypen, kann dessen Aufgabe nur darin bestehen, den von einzelnen Epithelzellen oder von ganzen Gruppen dieser Zellen aufgenommenen Reiz auf andere von dem Reize nicht direkt getroffene Körperstellen zu übertragen, somit eine weiter verbreitete Kontraktion, eine verstärkte Wirkung zur Abwehr oder Ausnutzung des Reizes auszulösen. Bei jenen Formen, die nebst dem diffusen peripherischen auch ein lokalisiertes Zentralorgan haben, also bei den Medusen, werden die Reize von den Aufnahmsorganen zunächst dem Zentralorgan zugeführt. Dieses ist also eine Sammelstelle für sämtliche Reize, die an verschiedenen Stellen des Schirmrandes in den einzelnen aufeinanderfolgenden Zeitteilchen von den Tentakeln und den Randkörperchen aufgenommen werden. Diese Reize verbreiten sich gleichmäßig über das ganze Zentralorgan und erzeugen, da sie als Bewegungszustand den Gesetzen der Mechanik unterliegen, als Resultante aus den einzelnen Reizkomponenten einen einheitlichen Erregungszustand, der von dem Zentralorgane auf die mit ihm in Verbindung stehenden Teile des peripherischen Systems und von diesen auf die Muskulatur übergeht und die Kontraktion auslöst. Da aber der Erregungszustand im Zentralorgan ein gleichmäßig andauernder ist, weil ja fortwährend neue Reize auf die Aufnahmsorgane einwirken und die inzwischen verschwundenen ersetzen, so werden auch die Kontraktionen der Glocke ununterbrochen und in rhythmischer Aufeinanderfolge stattfinden, wie Eimer ja auch bei seinen Versuchstieren tatsächlich beobachtet hat.

Und da ferner der Erregungszustand zwar in verschiedenen aufeinanderfolgenden Zeitteilchen um ein geringes verschieden, in demselben Zeitteilchen aber am ganzen Zentralorgan nahezu gleich stark sein muß, so werden die Kontraktionen der Glocke bald

stärker, bald schwächer, bald schneller, bald langsamer erfolgen, aber die ganze Glocke wird sich gleichmäßig synchron zusammenziehen, was ebenfalls durch die Beobachtung bestätigt wird. Denn der Synchronismus der Bewegung wird gestört, wenn vom Rande her hinreichend tiefe radiale Einschnitte gemacht werden. Die diffuse Form des Nervensystems dient bloß der Weiterleitung von Reizen, die lokalisierte Form außerdem noch der Herstellung eines gleichmäßigen Erregungszustandes und dadurch der Auslösung synchroner, rhythmischer, den ganzen Körper in gleicher Weise ergreifender Bewegungen.

Mit dieser Erklärung stimmen auch die Durchschneidungsversuche Romanes' überein. Macht man radiale Einschnitte in den Schirm, so wird der Nervenring zerschnitten und damit auch die Koordination aufgehoben; denn die einzelnen Sektoren schwingen nicht mehr synchron. Wird jedoch der Schirm eingeschnitten, ohne den Nervenring zu zerschneiden, so findet keine Störung der Koordination statt.

Und nun können wir auch die Bedeutung der spezifischen, für mechanische und chemische Reize bestimmten Aufnahmsorgane der Medusen beurteilen. Diese Organe unterscheiden sich zwar durch den morphologischen Bau und dementsprechend durch die Reizart, die sie aufnehmen können, aber nicht in ihrer Wirkung. Diese ist allemal dieselbe, nämlich Auslösung einer Bewegung. Das zeigen insbesondere die Versuche von Romanes mit Sarsia tubulosa, einer ocellaten Meduse: Ausschneiden der Augenflecken setzte die Beweglichkeit herab. Diese Organe haben, einerlei ob sie bloß für einen oder für verschiedene Reizarten eingerichtet sind, bloß die eine Aufgabe, den Reiz aufzunehmen und den dadurch hervorgerufenen Erregungszustand auf das Sammel- und Leitungsorgan zu übertragen. Da sie keine speziellen, voneinander verschiedenen Wirkungen ausüben, können wir sie auch nicht nach ihren Wirkungen verschieden benennen und die Namen Tast-, Geruchs-, Gehörs- und Sehorgan, die man jenen Apparaten gewöhnlich beilegt, sind demnach Namen, die zwar für den Menschen und für höhere Tiere ihre Berechtigung haben, indem sie auf die Wirkung des Organs hinweisen, die aber, wenn sie auf andere Tiere übertragen werden, nur irreführen. Das wird noch klarer werden, wenn wir nun überlegen, ob wir gezwungen sind, für die Tätigkeit dieser Organe sowie des ganzen Nervenmuskelsystems ein Bewußtsein anzunehmen.

Die Aufnahmsorgane beginnen ihre Tätigkeit, sobald im augenblicklichen Verhalten des sie umgebenden Mediums eine Änderung eintritt, also sobald sich die Temperatur, der Salzgehalt, die Beleuchtungsstärke, der statische Gleichgewichtszustand des Wassers ändert. Solche Veränderungen wirken als Reize und versetzen die Aufnahmsorgane vermöge der ihnen von Natur aus zukommenden Reizbarkeit in den Erregungszustand, ohne daß dabei die Mitwirkung des Bewußtseins notwendig oder das Bewußtwerden des Erregungszustandes vorteilhaft wäre. Ebenso geht auch die Weiterleitung des Erregungszustandes durch das Leitungsorgan oder von Zelle zu Zelle bis zu den Muskeln und die Zusammenziehung des Muskels ganz von selbst nach rein mechanischen und chemischen Gesetzen vor sich, ohne daß die Mitwirkung des Bewußtseins oder das nachherige Bewußtwerden dieser rein mechanischen und chemischen Erscheinungen fördern oder überhaupt ändern könnte. Diese Erscheinungen erfolgen monoton vermöge der mechanischen oder chemischen Gesetzmäßigkeit, sie sind auch generell zweckmäßig, weil sie den Körper aus dem Bereiche des für das Leben ungünstig gewordenen Mediums entfernen. Auch die Einstellung der Längsachse des Körpers in die lotrechte Lage ist generell zweckmäßig, denn in dieser Lage sind die vier den Otolithen tragenden Federn gleichmäßig gespannt, sie sind also in gleicher Weise geeignet, neue mechanische Reize, von welcher Seite auch immer sie kommen mögen, aufzunehmen. Alle diese Erscheinungen tragen also vermöge ihres gleichmäßigen Ablaufes und der generellen Zweckmäßigkeit den Charakter von Reflexerscheinungen an sich, zu deren Auslösung es nicht notwendig ist, Bewußtsein anzunenmen. Wir haben somit kein Recht, zu sagen, daß die Erregungszustände jener Aufnahmsorgane Tast-, Geruchs-, Gehörs- und Gesichtsempfindungen erzeugen, und somit auch kein Recht, jene Organe bloß deshalb, weil sie für die Aufnahme von mechanischen, chemischen und photischen Reizen bestimmt sind, nach Analogie mit den für die entsprechenden Reize angepaßten Sinnesorganen der Menschen und der höheren Wirbeltiere auch schon Tast-, Geruchs-, Gehörs- und Gesichtsorgane zu nennen. Das sind sie auf keinen Fall, sondern der Wirkung nach sind sie sämtlich lokomotorische, dem Reize nach sind sie spezifische mechanische oder photische oder plurale für mehrere Reize bestimmte Organe. Das Vorhandensein eines Nervenmuskel-

systems und sogar schon spezifischer Aufnahmsorgane für den Reiz ist also kein Grund, den Nesseltieren und Rippenquallen Bewußtsein zuzusprechen.

2. *Die Lebenserscheinungen.*

a) Erscheinungen des Stoffwechsels.

Von den Erscheinungen des Stoffwechsels könnten am ehesten die Erscheinungen bei der Nahrungsaufnahme die Vermutung erwecken, daß sie mit Bewußtsein verbunden seien. Und doch lassen sich sämtliche Vorgänge, die dabei beobachtet worden sind, als reflektorische Reizwirkungen erklären. Die Nesselkapseln als Reflexapparate schleudern ihre Fangfäden ohne bewußte Absicht bloß auf Einwirkung des berührenden Gegenstandes aus und halten ihn rein passiv fest. Ebenso erfolgt bei den Klebzellen der Ctenophoren die Ausscheidung des klebrigen Stoffes rein reflektorisch und das Festhalten der Beute unbeabsichtigt. Solange aber der Gegenstand den Fangarm berührt oder gar bestrebt ist, sich loszureißen, wirkt er als Berührungsreiz und verursacht wieder rein reflektorisch eine einseitige Zusammenziehung der Muskeln, also eine Krümmung des Armes, die beim anhaltenden Reiz den Gegenstand der Mundöffnung zuführt, rein passiv. Ist der Reiz stark genug, so muß er sich infolge der Weiterleitung durch das Nervengeflecht auch auf die anderen Fangarme verbreiten; auch diese krümmen sich. Bei Hydra erfolgt die Mitwirkung der Arme erst nach längerer Zeit, bei Actinien aber sehr bald, ein Zeichen, daß die Weiterleitung des Reizes bei diesen viel schneller erfolgt, sie sind eben an diese Art der Nahrungsaufnahme schon mehr angepaßt als Hydra. Hat der Gegenstand den Mund berührt, so wirkt der Reiz auf die Nesselkapseln und Muskeln der Mundscheibe und der Mundlappen, der Gegenstand wird von dem Sekrete der Nesselkapseln festgehalten und vermöge der Zusammenziehungen der Mundscheibe und Mundlappen in den Gastrovascularraum hineingezogen. Sehr befördert werden diese scheinbar spontanen, in Wirklichkeit aber reflektorisch durch den Reiz ausgelösten Bewegungen durch den Reichtum der Fangarme und der Mundscheibe an Nesselkapseln beziehungsweise Klebzellen und Muskeln. Die Beobachtung, daß sich die Arme manchmal, wenn kleine Fremdkörperchen daran hängen bleiben, nicht krümmen, also keine Reizerscheinungen zeigen, und deshalb

leicht die Vermutung erwecken, daß das Tier die Nahrung nicht aufnehmen will, weil es gesättigt ist, läßt sich ungezwungen dadurch erklären, daß die Reizstärke nicht bloß von der Größe des berührenden Gegenstandes, sondern auch von der Geschwindigkeit abhängt, mit der er gegen den Fangarm anstößt, und endlich auch von dem Gleichgewichtszustande des Protoplasmas sowohl in den Nesselkapseln und Klebzellen als auch in den Muskeln. So kann es kommen, daß derselbe Körper, wenn er mit größerer Geschwindigkeit anstößt, oder wenn die berührten Körperteile in höherem Maße reizbar sind, die Krümmung der Fangarme auslöst, während er in einem andern Falle, wenn er mit geringerer Geschwindigkeit an den Körper anstößt und dieser weniger reizbar ist, zwar eine hinreichend starke Reizung ausübt, um die Explosion der Nesselkapseln zu bewirken und den Fremdkörper festzuhalten, nicht aber, um den Erregungszustand soweit zu leiten, daß eine Krümmung der Armes, also die sogenannte Greifbewegung erfolgt. Die Reizwirkung hängt weiter nicht bloß von der Stärke, sondern auch von der Art des Reizes ab, je nachdem nämlich von dem berührenden Körper bloß mechanische oder auch chemische Reize ausgehen. Das haben die schon oben erwähnten Versuche gezeigt, die Loeb mit Actinia equina angestellt hat; sie könnten leicht die Vermutung erregen, daß das Tier unter den verschiedenen ihm dargebotenen Stoffen eine Auswahl treffe. Aber andere Versuche Loebs haben gezeigt, daß dies nicht der Fall ist; durch einen seitlichen Einschnitt in den Körper von Cerianthus membranaceus wird das Tier veranlaßt, an der Schnittstelle neue Tentakeln und eine neue Mundscheibe hervorzubringen, der manchmal die Mundöffnung fehlt. Diese neuen Tentakeln verhalten sich nun gegenüber Nahrungsmitteln, die man ihnen reicht, gerade so wie die Tentakeln des alten Mundes. Sie ergreifen das Fleisch und krümmen sich damit gegen das Zentrum der neuen Mundscheibe, zu der Stelle, wo sich der Mund befinden sollte. Nach einiger Zeit vergeblichen Bemühens ermüden die Tentakeln und das Fleisch fällt ab. Parker [1]) hat bemerkt, daß auch ein einzelner abgeschnittener Tentakel das Fleisch ergreift und sich krümmt als wollte er es zum Munde führen. Diese Versuche zeigen, daß erstens die Auswahl unter den dargebotenen Stoffen nicht eine Folge der Erfahrung ist, denn die bei

[1]) Parker, The Reactions of Metridium to Food and other Substances. Bullet. of the Mus. of compar. Zoology at Harvard College. Vol. 29. 1896.

Loebs Versuchen neu gebildeten Tentakeln verhielten sich gleich von Anfang an wie die alten; daß zweitens die Auswahl nicht, wie es doch sein sollte, wenn sie mit Bewußtsein erfolgen würde, individuell zweckmäßig ist; denn das Ziel, Aufnahme der Nahrung, wird wegen der fehlenden Mundscheibe gar nicht erreicht; wohl aber ist der ganze Vorgang generell zweckmäßig, denn bei dem normalen Tiere werden die nahrhaften Stoffe auch wirklich in den Körper eingeführt; endlich drittens zeigt der Versuch, daß das Eintreten der Bewegungen, die zur Aufnahme der Nahrung führen, nicht bloß von Berührungs-, sondern auch von chemischen Reizen abhängt. Der monotone Ablauf dieser Bewegungen und ihre generelle Zweckmäßigkeit zeigt uns, daß sie rein reflektorisch erfolgen.

Ist die Nahrung im Gastrovascularraum angelangt, so wirkt sie als Reiz auf die Drüsen- und Nährzellen und veranlaßt sie zu der ihnen eigentümlichen Tätigkeit, also jene zur Abgabe ihres den Nährstoff zersetzenden Sekretes, diese zur Aufnahme der Nahrung in das Innere mittels der Pseudopodien, ferner zur Assimilation und endlich zur Ausscheidung des Unverdaulichen. Alle diese Erscheinungen sind also unbewußte Reflexwirkungen auf die von den Nahrungsmitteln ausgehenden Reize. Wie unabhängig die Bewegungen der einzelnen inneren, mit weicher protoplasmatischer Oberfläche versehenen Körperteile voneinander sind und wie leicht sie trotz ihrer Unbewußtheit den Eindruck des Willkürlichen hervorrufen, zeigen die von Heider beobachteten, noch tagelang fortgesetzten Bewegungen der von dem Körper losgetrennten Mesenterialfalten.

Die Entfernung der unverdaulichen Stoffe aus dem Gastrovascularraum erfolgt rein mechanisch mit dem Wasser. Der ganze Vorgang von dem Hängenbleiben der Nahrung an den Fangarmen bis zur Entfernung des Unverdaulichen aus dem Körper erfolgt immer genau in derselben Weise und mit genereller Zweckmäßigkeit, also rein reflektorisch von selbst, ohne daß die Mitwirkung irgendeines andern Faktors notwendig wäre. Wir haben deshalb keinen Grund, diese Vorgänge für bewußt zu erklären, weil weder die gleichzeitige Mitwirkung von Bewußtheit noch das nachherige Bewußtwerden den Vorgang selbst oder unser Verständnis dafür irgendwie fördern würde.

b) Die Erscheinungen des Formwechsels.

Die einzelnen Individuen derselben Art unterscheiden sich nur wenig voneinander, dagegen zeigen die einzelnen Arten und

Gattungen trotz der geringen Verschiedenheit der Lebensverhältnisse, unter denen diese Tiere überhaupt leben, eine ungemein große Mannigfaltigkeit der Formen. Die Anpassung ist also vorwaltend eine generelle. Bezüglich ihrer gilt dasselbe, was wir schon bei den Urtieren gesagt haben, daß sich nämlich diese Art der Anpassung, weil sie nur ganz allmählich im Laufe sehr langer Zeiträume erfolgt, der Beobachtung und also auch der auf Beobachtung beruhenden Beurteilung, ob bei ihr Bewußtsein mitgewirkt hat oder nicht, gänzlich entzieht. Von den Erscheinungen der ontogenetischen Entwicklungsreihe können wir das Wachstum zufolge eines Analogieschlusses vom Menschen ohneweiters als unbewußt betrachten und ebenso die ungeschlechtliche Vermehrung, weil sie nichts anderes ist als ein Wachstum über die natürliche Grenze. Bei jenen Formen, die sich auf geschlechtlichem Wege vermehren, ist niemals ein gegenseitiges Aufsuchen der verschiedenen Geschlechtstiere zum Zwecke der Begattung zu beobachten, sondern die Geschlechtsstoffe treffen außerhalb des Entstehungsortes zusammen, und zwar entweder zufällig oder mit Hilfe rein reflektorischer, amöboider oder Geißelbewegungen. Die Mitwirkung einer bewußten Absicht ist also für das Zusammentreffen der Geschlechtsprodukte ganz ausgeschlossen, sie könnte ja auf die einmal von dem Entstehungsorte losgetrennten Geschlechtsprodukte gar nicht mehr einwirken. Die Entwicklung des Eies durch die verschiedenen Stufen hindurch bis zum vollständigen Tiere ist eine unbewußte Wachstumserscheinung. Das Herumschwimmen der Flimmerlarve erfolgt genau so wie das der ciliaten Protozoen, also durch unbewußte reflektorische Wimperbewegung, die ja auch nur solange dauert, als die Larve das Flimmerkleid behält; sowie sie es abgetan hat, sinkt die Larve zu Boden und formt sich zur festsitzenden Gastrula um. Daß sich hierbei manche Larven nur auf bestimmten Gegenständen festsetzen, wie z. B. Palithoa nur auf zwei naheverwandten Schwämmen, Axinella verrucosa und cinnamomum, läßt durchaus keinen Schluß auf bewußte Auswahl zu. Denn gerade jene zwei Arten haben auch für unsere Geruchsorgane einen eigenartigen würzigen Geruch; es ist also leicht möglich, daß dieselben Stoffe, die für uns den Geruch erzeugen, auf die Palithoalarven positiv tropisch wirken und so eine größere Anzahl von Larven anziehen. Wenn nun gerade diese Larven erhalten bleiben und sich zum reifen Tiere weiterentwickeln, andere aber, die sich auf anderen Gegenständen angesiedelt haben,

zugrunde gehen, so erklärt sich das daraus, daß gerade jene Larven die günstigeren Lebensbedingungen gefunden haben. Die Mitwirkung eines Bewußtseinsfaktors, wie etwa einer bewußten Auswahl des Ortes zum Anhaften, ist also nicht notwendig.

c) Die Erscheinungen des Energiewechsels.

Die anscheinend spontanen amöboiden Bewegungen der Nährzellen sind Reizwirkungen infolge der mechanischen und chemischen Einwirkung der Nahrungsstoffe, sie erfolgen monoton und generell zweckmäßig, also unbewußt. Die Geißelbewegungen der Samenzellen, Flimmerlarven und Nährzellen, ebenso die Wimperbewegungen der Schwimmplättchen bei den Ctenophoren sind gleichfalls Reflexe auf Reize verschiedener Art, denn Berührung mit anderen Gegenständen, Bewegungen des Wassers, der verschiedene Gehalt des Wassers an gelösten und absorbierten Stoffen, verschiedene Belichtung und Temperatur wirken als beständige Reize und lösen andauernde Bewegungen aus, die, weil der sie verursachende Reiz nicht wahrnehmbar ist, anscheinend willkürlich, in Wirklichkeit aber unbewußt erfolgen. Sie sind monoton und generell zweckmäßig auf Abwehr oder Ausnutzung der betreffenden Reize gerichtet. Viel eher als diese Arten der Bewegung sind die Kontraktionsbewegungen, das fortwährende Ändern der Körperform, das langsame Weiterkriechen mancher Polypen, das Ausstrecken und Anziehen der Tentakeln, die Schwimmbewegungen der Glocke bei den Medusen geeignet, den Anschein bewußter Willkürlichkeit zu erwecken. Und doch lassen sich auch die meisten dieser Bewegungen als reflektorische Reizwirkungen leicht und ungezwungen erklären, ohne daß es notwendig wäre, Bewußtsein anzunehmen. Der Reiz ist zwar nicht direkt wahrnehmbar, ist aber gegeben in den fortwährenden Veränderungen des umgebenden Mediums in bezug auf chemische Beschaffenheit, Temperatur, Beleuchtung und Bewegung, ferner im augenblicklichen Gleichgewichtszustande des Protoplasmas, je nachdem an Nährstoffen und Erzeugnissen des Stoffwechsels Überfluß oder Mangel vorhanden ist. Sind diese Reize stark genug, können sie also durch das Nervengeflecht über den ganzen Körper verbreitet werden, so lösen sie auch gleichzeitige Zusammenziehungen des ganzen Körpers aus. Sind sie schwächer oder wirken sie vorwaltend aus einer Richtung auf den Körper, so wird die Wirkung auch lokal beschränkt und ungleichmäßig sein. Greifen nun die Reize bald

stärker, bald schwächer, bald mehr von einer, bald mehr von der andern Seite an, und vereinigen sich mit den äußeren Reizen auch innere, so werden Bewegungen ausgelöst, die in buntem Wechsel aufeinanderfolgen und für uns, wie das Spiel der sich schlangenartig hin- nnd herbewegenden Tentakeln bei den Polypen, ganz den Eindruck des Willkürlichen hervorrufen, und doch sind es nur Reflex- und Impulsivbewegungen, für die ein Bewußtwerden gar keinen Wert hätte. Den generellen Zweck der Abwehr oder Ausnützung der Reize erreicht das Tier, einerlei ob die Bewegung bewußt ist oder nicht; denn durch das fortwährende Hin- und Herdrehen der Tentakeln wird einerseits das Wasser in Bewegung versetzt, und mit dem bewegten Wasser immer neue Beute herbeigeführt, anderseits wird das Gebiet, das die Tentakeln beherrschen, durch die fortwährenden Bewegungen auch wirklich nach allen Richtungen von ihnen durchforscht und dadurch die Wahrscheinlichkeit, daß ein in das Bereich der Tentakeln gelangtes Nahrungstierchen mit ihnen in Berührung kommt und daran hängen bleibt, vergrößert. Auch wenn das Tier Bewußtsein hätte, wäre bei der festsitzenden Lebensweise diese Art der Tentakelbewegung die zweckmäßigste. Wollte man diese Bewegungen für willkürliche halten, so müßte man dem Tiere schon ein ziemlich hoch entwickeltes psychisches Leben zuschreiben; denn wir müßten ja annehmen, daß es die 100 und mehr gleichzeitigen Bewegungen der Tentakeln durch einen einzigen Bewußtseinsakt auszulösen imstande wäre. Wir haben also Gründe genug, zu erklären, daß die Bewegungen der Tentakeln nur scheinbar willkürliche, in Wirklichkeit aber unbewußte Reizwirkungen sind, zusammengesetzt aus einer großen Anzahl einfacher Reflex- und Impulsivbewegungen, von denen zwar jede für sich monoton erfolgt, die aber in ihrer raschen Aufeinanderfolge das wechselnde Spiel der Bewegung erzeugen. Ist die einzelne Bewegung generell zweckmäßig, dann ist es auch die aus ihnen zusammengesetzte. Wir haben also keine Veranlassung, für diese Bewegungen Bewußtsein anzunehmen, weder eine vorhergehende Absicht, weil sie damit auch nicht zweckmäßiger erfolgen würden, noch ein begleitendes oder nachheriges Bewußtwerden, weil das für das Tier gar keinen Wert hätte und nichts erklären würde.

Daß bei Sagartia parasitica alle Erschütterungen, die durch die Bewegung des Einsiedlerkrebses, auf dessen Gehäuse sie lebt, hervorgerufen werden, keine Kontraktionen auslösen, erklärt sich

aus der Anpassung an häufig wirkende Reize. Beispiele dafür haben wir ja schon bei den Urtieren in ausgedehntem Maße kennen gelernt. Die lebende Substanz paßt sich selbst an anfangs schädliche Reize, wie geringeren Salzgehalt des Meerwassers, in dem sie leben, leicht an, um so leichter wird die Anpassung an Reize erfolgen, die wie jene Bewegungen der Sagartia nicht schädlich, sondern nützlich sind, weil sie das Tier in andere, von Nährstoffen noch nicht entblößte Gebiete bringen und ihm somit Gelegenheit verschaffen, seine Nahrung zu finden.

Die Kontraktionen der Glocke bei den Medusen machen bei weitem weniger den Eindruck des Willkürlichen als das wechselnde Spiel der Tentakeln. Denn die Kontraktionen erfolgen in gleichmäßigem Rhythmus mit sehr geringem Wechsel, also monoton; sie erweisen sich auch als generell zweckmäßig, denn sie führen zur Abwehr oder Ausnützung äußerer Reize, sie tragen z. B. das Tier aus der zu dunkeln Tiefe an die hellere Oberfläche des Wassers, oder aus dem durch anhaltenden Regen zu wenig konzentrierten Meerwasser an der Oberfläche in das mehr konzentrierte der Tiefe und sie bringen das Tier an verschiedene Stellen des Meeres und vermehren so die Wahrscheinlichkeit, auf ein Beutetier zu stoßen. Die Schwimmbewegungen der Medusen dienen ferner nicht nur der Ortsbewegung, sondern auch dem Kreislaufe und der Atmung. Dieser mehrfache Zweck wird besser erreicht, wenn die Zusammenziehungen der Glocke gleichmäßig und ununterbrochen erfolgen und nicht bloß, wenn und wie es gerade die Ortsbewegung erfordern würde. Der Bewegungsapparat ist noch nicht differenziert für Ortsbewegung allein und für davon unabhängige Bewegungen zur Atmung und zum Kreislauf, er dient noch mehreren Zwecken und dieser allgemeineren Zweckmäßigkeit entspricht die rein reflektorisch und automatisch erfolgende rhythmische Bewegung besser als eine Bewegung von Fall zu Fall, wie ja auch bei uns der Bewegungsapparat für Atmung und Kreislauf seine Tätigkeit unbewußt reflektorisch ausübt.

3. Wert des Bewußtseins für das Tier.

Die Frage, welche Bedeutung das Bewußtwerden einzelner Lebenserscheinungen für den Organismus hätte, haben wir bei der Besprechung der Lebenserscheinungen schon berührt. Es erübrigt uns also nur noch eine wiederholende Zusammenfassung. Wie die Schwämme, so leben auch die Nesseltiere, insbesondere die fest-

sitzenden, und die Rippenquallen unter einfachen und wenig wechselnden Verhältnissen. In völlig neue Lagen, zu deren Beurteilung auf ihren Wert für das Leben und zu deren Ausnützung oder Abwehr ein besonderer individueller Urteilsakt von Vorteil wäre, kommen die Tiere nie und für die Ausnützung und Abwehr der Verhältnisse, in denen sie eben leben, reichen die rein reflektorisch und impulsiv erfolgenden Lebenserscheinungen, wie wir sie kennen gelernt haben, vollkommen aus. Für die Erscheinungen des Formwechsels, generelle Anpassung und Vererbung, Wachstum und Vermehrung und von den Erscheinungen des Stoffwechsels für den Umsatz der aufgenommenen Nahrung und die Abgabe von Produkten des Stoffwechsels, von Sekreten und Exkreten, wäre ein Bewußtwerden ganz und gar überflüssig; denn diese Erscheinungen erfolgen vollständig nach rein chemischen und mechanischen Gesetzen, deren Kenntnis und Bewußtwerden das Tier nicht befähigen würde, jene Erscheinungen zum Besseren zu ändern, zumal sie ja ohnedies generell zweckmäßig sind. Auch für die Reflexbewegungen wäre ein Bewußtwerden von keinem Vorteil, denn sie erfolgen rein reflektorisch mit unabänderlicher Gesetzmäßigkeit und auch wenn sie schon während ihres Ablaufes oder nachher bewußt wären, so wäre dieses Bewußtsein doch nicht imstande, sie zu ändern, so wenig als wir es z. B. verhindern können, daß sich die Iris bei stärkerer Beleuchtung erweitert Am ehesten noch könnte man glauben, daß Bewußtheit für die anscheinend spontanen Bewegungen bei der Aufnahme der Nahrung und der Ortsveränderung von Vorteil wäre. Aber soweit wir diese Bewegungen schon beschrieben haben, hat sich gezeigt, daß auch diese Erscheinungen auf rein reflektorischem Wege vollkommen sicher und zweckmäßig erfolgen; es wäre also weder ein gleichseitiges Mitwirken von Bewußtheit noch das nachherige Bewußtwerden dieser Vorgänge für das Tier irgendwie von Vorteil.

Nun aber ist noch eine Art von Bewegung zu beurteilen, nämlich das zeitweise Fortkriechen mancher sonst festsitzender Polypen, z. B. der Hydren und mancher Actinien. Für diese Bewegung läßt sich eine rein mechanische Deutung, welche sie auf die einfachste und ungezwungenste Art erklären würde, nicht so leicht geben. Zwar, wenn die Bewegung einmal im Gange ist, wie z. B. das Kriechen einer Hydra nach Art der Spannerraupen oder nach Art der auf den Fangarmen gehenden Kopffüßler, dann ließen sich die einzelnen aufeinanderfolgenden Spannbewegungen des

Körpers und das Weitervorsetzen der Fangarme als reflektorische, durch den Berührungsreiz des Körpers mit dem Boden ausgelöste Reizwirkungen erklären, zu deren Auslösung ein Bewußtwerden nicht notwendig ist. Oder: man kann im Aquarium beobachten, daß Actinien, die sich auf den vom Einsiedlerkrebs bewohnten Schneckenschalen ansiedeln, ihre Lage verändern, wenn sie sich beim ersten Versuch so angeheftet hatten, daß sie beim Fortkriechen des Krebses auf dem Boden geschleift wurden. Bei anderen Actinien, die sich auf dem Rücken von Krabben ansiedeln, kommt es vor, daß sie zunächst auf die Beine ihres Wirtes geraten und beim Weiterkriechen des letzteren durch die ungleichmäßigen Bewegungen der Beine hin und hergezerrt werden. Sie gleiten nun weiter, bis sie auf dem Rücken der Krabbe in bequemer Lage zur Ruhe kommen. Auch diese Bewegungen lassen sich durch die mechanischen Reize, denen das Tier beim Kriechen des Wirtes ausgesetzt ist, ohne die Annahme von Bewußtsein erklären. Aber schwer ist es, den Beginn der Bewegung, das Losreißen des Körpers von der Unterlage mechanisch zu erklären. Man müßte denn annehmen, daß die Lebensbedingungen des Tieres an der Stelle, an der es eben festsitzt, mit der Zeit ungünstig geworden sind und eine Änderung im Gesamtzustande des Tieres hervorgerufen haben, die so bedeutend ist, daß sie die zum Losreißen von der Grundlage nötigen Zusammenziehungen des Körpers oder der Fußscheibe impulsiv auslöst. Also eine rein mechanische Erklärung für diese Art von Bewegung ließe sich zur Not auch noch geben, jedoch nicht mehr auf Grund von Tatsachen der Beobachtung, sondern auf Grund von Annahmen. Aber wenn wir nun einmal Annahmen zur Erklärung der Erscheinungen zulassen, dann müssen wir auch die Annahme erwägen, ob nicht ein Bewußtwerden des Reizes jene Erscheinung einfacher erklärt als die Annahme nicht beobachteter physischer Vorgänge. Nun fragt es sich zunächst, welcher Art müßte dieses Bewußtwerden des Reizes sein? Offenbar könnte es sich nur um die primären Formen psychischer Reaktion, Empfindung, Gefühl und Begehren handeln. Aber es könnten entweder alle drei gleichzeitig entstehen, wie wir es ja auch bei uns selbst oft beobachten, oder nur eine von ihnen.

Wir müßten uns also vorstellen: der physiologische Gesamtzustand des Körpers der Hydra löst eine gewisse Körperempfindung und ein damit verbundenes Gefühl des Unbehagens aus und zugleich

auch das Bestreben, dieser Lage zu entgehen. Und dieses Bestreben wäre psychischer Impuls für die Auslösung und den Beginn der Kriechbewegung, also für das Losreißen des Körpers von der Unterlage. Aber es ist an und für sich unwahrscheinlich, daß gleich bei Beginn des psychischen Lebens alle drei Grundformen psychischer Reaktion aufgetreten sein werden, auch widerspricht diese Annahme der Grundforderung empirischer Forschung, nämlich die Erscheinungen auf die einfachste Weise zu erklären, weil schon die Annahme bloß einer der drei Grundformen psychischer Reaktion zur Erklärung der in Frage stehenden Erscheinung genügt. Welche das ist, ergibt sich, wenn wir überlegen, welche von den drei psychischen Grunderscheinungen für sich allein imstande ist, den Zweck zu erfüllen, um den es sich handelt, nämlich den Beginn der Kriechbewegung herbeizuführen. Die Empfindung allein könnte das nicht, denn uns selbst gibt die Empfindung allein nur Aufschluß über die Art des Reizes; wir könnten deshalb der Empfindung bei den Polypen auch keine andere Bedeutung zuschreiben. Die bloße Erkenntnis der Art des Reizes aber würde für sich allein ohne das Hinzutreten anderer psychischer Erscheinungen nicht hinreichen, die Bewegung auszulösen. Ein primäres Gefühl allein könnte es auch nicht, denn uns selbst gibt das Gefühl für sich allein nur Aufschluß über den Wert des Reizes für unser Wohlbefinden; wir könnten deshalb dem Gefühl bei den Polypen auch keine andere Bedeutung und keine weitere Wirkung zuschreiben. Die Gefühlswirkung für sich allein ohne darauffolgendes Begehren aber wäre nicht hinreichend, die Bewegung auszulösen. Somit bleibt nur noch die Möglichkeit, ein primäres Begehren als psychische Veranlassung für die Auslösung jener Bewegung anzunehmen. An uns selbst können wir ganz unbestimmte Arten des Begehrens beobachten, für die wir auch bei der genauesten Selbstbeobachtung weder eine andere psychische Erscheinung als Ursache noch ein bestimmtes Objekt als Ziel angeben können. Der Tatendrang des gesunden Menschen entspringt dem physiologischen Gesamtzustande seines Körpers und sucht sich sein bestimmtes Ziel erst, nachdem er bewußt geworden ist. Das Kind hört nie auf zu verlangen und kann oft gar nicht angeben, was es verlangt. Gewisse äußere Ereignisse, z. B. das Herannahen des Frühlings, plötzlicher Witterungswechsel und dergleichen erzeugen in manchen Menschen ein un-

bestimmtes Sehnen, rufen somit auf rein physiologischem Wege ohne jede Mitwirkung anderer psychischer Erscheinungen primäre Formen des Begehrens ohne bestimmtes Objekt hervor. Also an uns selbst können wir tatsächlich primäre Formen des Begehrens, die ohne jede psychische Veranlassung rein aus physiologischen Ursachen entsprungen sind und die, ohne mit bewußter Absicht auf ein bestimmtes Ziel gerichtet zu sein, dennoch als Antrieb zu körperlichen Tätigkeiten wirken, beobachten. Ein derartiger unbestimmter Drang wäre auch bei den Polypen geeignet, als Bewegungsantrieb zu wirken und jene Bewegung auszulösen. Und da ein solcher Drang auf kein bestimmtes Objekt gerichtet ist, wird nicht eine zu einem bestimmten Zwecke dienende Bewegung irgendeines Körperteiles, sondern eine Bewegung des ganzen Körpers und somit das Losreißen von der Unterlage ausgelöst werden.

Nun fragt es sich, was für die Erklärung der Kriechbewegung gewonnen wird, wenn wir die Mitwirkung eines solchen unbestimmten einfachen und primären Strebens annehmen. Vergleichen wir die Summe der wahrnehmbaren Ursachen, sowohl der physiologischen Vorgänge im Körper des Tieres als auch der Vorgänge im umgebenden Medium, mit der Summe der wahrnehmbaren Wirkungen, so bleibt von der letzteren ein unerklärter Rest übrig, für den sich keine wahrnehmbare Erscheinung als Ursache angeben läßt. Und nun tritt an uns (nach der Millschen Methode der Rückstände) die Aufgabe heran, für den unerklärten Überschuß an Wirkung die Ursache aufzusuchen.

Schließen wir die Mitwirkung von Bewußtsein aus, so müssen wir annehmen, daß im physiologischen Gesamtzustande des Tieres Änderungen von solcher Bedeutung eingetreten sind, daß sie als Reiz zur Auslösung der Kriechbewegung dienen. Dabei ergibt sich jedoch die Schwierigkeit, daß für unsere Beobachtung nichts vorliegt, was eine so starke Änderung im physiologischen Gesamtzustande des Tieres begreiflich und erklärlich erscheinen ließe, weder eine starke Erschütterung des Wassers noch eine Änderung der Temperatur oder der chemischen Zusammensetzung des Wassers usw. Und doch müßten derartige bedeutende Änderungen in der Umgebung des Tieres eben wegen ihrer Stärke wahrnehmbar sein. Nehmen wir das Hinzutreten von Bewußtsein an, so entgehen wir der Schwierigkeit, solche starke Änderungen im physiologischen Gesamtzustande des Tieres annehmen zu müssen, ohne ihre äußere

Veranlassung und sie selbst beobachten zu können. Es genügt die wahrscheinlichere Annahme, daß physiologische Vorgänge von normaler Stärke unter Umständen im Körper des Tieres einen physiologischen Gesamtzustand bedingen, der mit Bewußtheit verbunden ist und eben dieser physiologische Gesamtzustand mit der hinzutretenden Bewußtheit in der Form des primären Strebens wäre die Ursache für die Auslösung der Bewegung. Nun aber dürfen wir uns das Eingreifen von Bewußtsein nicht etwa so vorstellen, als ob in der Reihe der physiologischen Vorgänge im Körper des Tieres eine Lücke wäre und diese Lücke vom Bewußtsein ausgefüllt würde. So ist es nicht, sondern die Reihe der physiologischen Vorgänge ist eine vollständige, lückenlose, aber ein Glied dieser Reihe, odere in durch mehrere Glieder dieser Reihe bedingter, schon vorhandener physiologischer Zustand wird durch das Hinzutreten von Bewußtsein verstärkt, gleichwie ja auch in uns das Anwachsen einer psychischen Erregung ein Anwachsen der körperlichen Erregung zur Folge hat. Und nun löst dieses durch das Hinzutreten von Bewußtsein in seiner physiologischen Bedeutung verstärkte Glied jener Reihe eine Bewegung aus, die ohne Bewußtsein nicht erfolgt wäre.

Obwohl also zwar anerkannt werden muß, daß sich die in Frage stehende Bewegung auch mechanisch erklären ließe und daß sich das Vorhandensein von Bewußtheit nicht durch einen Gewißheitsschluß beweisen läßt, muß doch zugegeben werden, daß die Annahme des Hinzutretens von Bewußtheit zu den normalen Lebensvorgängen das Zustandekommen jener Kriechbewegungen einfacher erklärt als die Annahme von Reizursachen, die trotz ihrer Stärke der Beobachtung unzugänglich sein müßten. Und wenn wir an dem Grundsatze festhalten, daß die Erscheinungen auf die einfachste Weise zu erklären sind, dann müßten wir eben die Erklärung durch die Annahme von Bewußtheit als die einfachere vorziehen. Dann also hätten wir hier die ersten Spuren psychischen Lebens gefunden, allerdings in einer so einfachen Form, daß wir uns eine Vorstellung davon nur dann machen können, wenn wir uns an ähnliche Erscheinungen bei uns selbst, wie z. B. an die fast unbewußten, aber mit zwingender Macht wirkenden Triebe erinnern. Mit der Annahme eines derartigen primären Bewußtseins als erster Regung psychischen Lebens, einerlei ob sie tatsächlich schon bei Polypen oder erst auf einer höheren Stufe

tierischen Lebens berechtigt ist, bleiben wir auch in Einklang mit dem, was wir in der Einleitung schon gesagt haben, daß die ursprünglichste, also erste Form psychischen Lebens keinen andern Zweck haben kann, als alle anderen Lebenserscheinungen, nämlich irgendwelchen körperlichen Bedürfnissen des Tieres und damit seiner Selbsterhaltung zu dienen. Die erste Regung psychischen Lebens tritt uns nicht unvermittelt wie etwas Unbegreifliches entgegen, sondern als ein Glied in der Reihe der Lebenserscheinungen, das wie jedes andere seine bescheidene und beschränkte Aufgabe im Dienste des gesamten Organismus zu erfüllen hat. Ist der Reiz schon für sich allein imstande, im Organismus eine zweckentsprechende physiologische Wirkung auszulösen, dann ist das Hinzutreten von Bewußtsein überflüssig; ist das jedoch nicht der Fall, so kann das Hinzutreten von Bewußtsein nur den Zweck haben, den Reiz zu verstärken, um die benötigte Wirkung auszulösen. Und daß die erste Regung psychischen Lebens zu physiologischen Vorgängen hinzutritt, die für sich allein, wenn sie stark genug wären, als Antrieb zu einer Impulsivbewegung wirken würden, macht unsere Annahme, daß jene erste Form psychischen Lebens in der Form des Strebens auftreten müßte, nur wahrscheinlicher; denn der physiologische Impuls ist ja auch Antrieb zur Bewegung und wird durch das Bewußtwerden in seiner Natur nicht geändert, wohl aber in seiner Wirkung verstärkt: Das Streben in seiner primärsten Form ist also bewußt gewordener physiologischer Bewegungsantrieb.

Nun könnte die Frage aufgeworfen werden, ob das Bewußtsein der Polypen räumlich in bestimmten Zellen lokalisiert oder über den ganzen Körper ausgebreitet ist. Der bewußtwerdende physiologische Erregungszustand ist kein lokalisierter, sondern als die Resultierende aus den physiologischen Erregungszuständen aller oder doch einer großen Anzahl von Einzelzellen über den ganzen Körper verbreitet. Die Entstehung einer derartigen Resultierenden aber ist leicht möglich, da ein den ganzen Körper durchziehendes Nervengeflecht vorhanden ist, dessen Zellen einerseits miteinander, anderseits mit den Epithelmuskelzellen in Berührung stehen. Das Nervengeflecht kann somit den Erregungszustand der einzelnen Zellen aufnehmen, durch Weiterleitung über den ganzen Körper einen einheitlichen Erregungszustand herbeiführen und ihn dem ganzen oder doch einem großen Teile des Muskelsystems mitteilen

und damit die notwendige Bewegung auslösen. Da nun dieser einheitliche Erregungszustand von dem Nervengeflechte vermittelt und eben dieser einheitliche Erregungszustand bewußt wird, so sind wir berechtigt, das Bewußtsein als eine Begleiterscheinung der Nerventätigkeit aufzufassen. Da aber der einheitliche Erregungszustand nicht die Wirkung einer bestimmten Gruppe von Nervenzellen, sondern des ganzen Nervengeflechtes ist, so können wir auch nicht annehmen, daß das Bewußtsein in bestimmten Zellen oder Zellgruppen des Nervengeflechtes lokalisiert, sondern eben eine Begleiterscheinung des ganzen in Tätigkeit begriffenen Nervengeflechtes ist. Dem entspricht auch der histologische Bau; denn eine durch besonderen Bau ausgezeichnete nervöse Zellgruppe, die man als Zentralorgan und als Sitz des Bewußtseins auffassen könnte, ist nicht vorhanden. Somit ergibt sich die schon an und für sich begreifliche Wahrscheinlichkeit, daß mit dem ersten Auftreten von Nerven im Tierreiche sich auch die ersten Spuren psychischen Lebens zeigen, daß aber dieses primitive psychische Leben nicht räumlich lokalisiert, sondern entsprechend dem einfachen Bau des Nervensystems eine Begleiterscheinung des ganzen oder doch des eben in Tätigkeit begriffenen Teiles des Nervengeflechtes ist. Das Nervensystem hat sich noch nicht differenziert in Aufnahms- Leitungs- und Zentralorgane und ebenso einfach wie das Nervensystem ist auch das psychische Leben, es hat sich gleichfalls noch nicht differenziert in psychische Erscheinungen verschiedener Art.

Die Tatsache, daß wir den höher entwickelten Medusen Bewußtsein absprechen, aber für die niedriger stehenden Polypen die Wahrscheinlichkeit oder doch die Möglichkeit zugestehen, daß ihnen Bewußtsein zukommt, könnte auffallend erscheinen, ist es aber in Wirklichkeit nicht. Denn der Parallelismus zwischen Physischem und Psychischem ist auch beim Menschen kein vollständiger und wenn die Reihe des physischen Geschehens Glieder enthält, die keinen psychischen Parallelvorgang haben, so bildet das psychische Geschehen beim Menschen keine lückenlos zusammenhängende, sondern eine unterbrochene Reihe. Wir dürfen also die Möglichkeit dessen auch bei Tieren nicht leugnen und müssen zugeben, daß in der ontogenetischen Entwicklungsreihe des einzelnen Tieres auf der einen Entwicklungsstufe (z. B. bei der Larve der Insekten) Bewußtsein vorhanden sein, auf der folgenden (z. B. der Puppe) aber fehlen kann und daß ebenso in der phylogenetischen Ent-

wicklungsreihe bei der einen Tiergruppe psychisches Leben wahrnehmbar, bei einer in der Entwicklungsreihe später auftretenden aber verschwunden sein kann. Es ist somit kein Widerspruch, wenn wir den Polypen Bewußtsein zusprechen, den Medusen aber nicht. Wenn höher entwickelten Tieren eben vermöge ihrer höheren Entwicklung die Mittel geboten sind, alle zum Leben nötigen Erscheinungen ohne Bewußtsein herbeizuführen, dann ist eben für die Entstehung des Bewußtseins bei diesen höher entwickelten Tieren kein Grund vorhanden gewesen.

III. TEIL.

Die Stachelhäuter, Echinodermata.

A. Der Körperbau der Stachelhäuter.

Die Stachelhäuter sind Tiere mit vorherrschend nach der Fünfzahl gebautem radiärsymmetrischen Körper, in dem zum Unterschied von den Schlauchtieren Darmhöhle und Gefäßsystem gesondert sind.

Der Körper ist entweder kugelig, ei-, herz-, scheiben-, stern-, walzen- oder becherförmig. Die Stachelhäuter werden in 4 Klassen eingeteilt: Crinoidea, Haarsterne; Asteroidea, Seesterne; Echinoidea, Seeigel und Holothurioidea, Seewalzen. Alle 4 Klassen zeigen jedoch einen ziemlich einheitlichen anatomischen Bau. Wir besprechen bloß die Bewegungsorgane und das Nervensystem.

Die Muskulatur ist ziemlich gut entwickelt. Unter der Haut liegen Längs- und Quermuskeln, die insbesondere bei den Holothurien mächtig entwickelt sind und der Verlängerung und Verkürzung des Körpers dienen. Außerdem gibt es eine entsprechend große Anzahl von Muskeln für die Bewegung der einzelnen Skeletteile, wie z. B. der einzelnen Wirbel bei den Seesternen und der äußeren Skelettanhänge, der Stacheln, Dornen, Schaufeln und Pedicellarien.

Ein nur den Schlauchtieren angehöriges Bewegungsorgan ist das Ambulacralsystem. Es beginnt entweder mit bloßen Hautporen oder mit einer porösen Kalkplatte, der Madreporenplatte bei den Seesternen und Seeigeln, und führt in einen zentralen, um den Mund gelegenen Ringkanal, von dem fünf Radialstämme mit vielen Seitenästen ausgehen. Von den letzteren entspringen die als Ambulacralfüßchen bezeichneten Anhänge, die durch Öffnungen des Hautskeletts nach außen treten. Sie bilden einen Schlauch mit muskulösen Wandungen und sind am Ende meist mit Saugscheiben

versehen. Die Innenwand des ganzen Gefäßsystems ist mit Flimmerepithel ausgekleidet, mit dessen Hilfe das durch die Poren eintretende Wasser weiterbewegt und in die Ambulacralfüßchen getrieben wird. Indem sich nun ganze Gruppen von Füßchen ausstrecken und mittels ihrer Saugscheiben an fremde Körper anheften und sich zusammenziehen, wird der Körper nach der betreffenden Richtung hingezogen.

Das Nervensystem besteht aus einem zentralen und einem peripherischen Teil. Der zentrale Teil wird von dem um den Mund gelegenen Nervenring, dem Schlundring oder Ringnerv, und den vom Ringnerv ausgehenden, in die einzelnen Arme verlaufenden Radialnerven gebildet. Sowohl Nervenring als auch Radialnerven bestehen aus Nervenzellen und Nervenfasern. Die peripherischen Nerven entspringen zum Teil vom Nervenring, zum Teil vom Radialnerv. Die vom Nervenring entspringenden verlaufen zu den Fühlern (bei den Holothurien), zur Mundscheibe, zum Schlund und zum Verdauungsorgan. Die vom Radialnerv ausgehenden Nerven versorgen die Haut, die Kiemenbläschen, Stacheln und Pedicellarien, die Muskeln, Füßchen, Augen und Fühler (Seesterne) und die Hörbläschen (Synaptiden).

Als spezifische Organe zur Aufnahme äußerer Reize dienen Sinneszellen und Sinnesepithelien. Rote Pigmentflecken auf der Unterseite der Strahlen am Ende der Ambulacralrinne bei den Asteroiden werden als Augen, bläschenförmige Gebilde bei verschiedenen Synaptaarten und anderen Holothurien als Gehörorgane und die sogenannten Sphäridien als Geruchsorgane gedeutet.

Die Sinneszellen liegen meist zerstreut im Ektoderm zwischen den Stützzellen des Epithels und unterscheiden sich von diesen durch den feineren Bau. Sie kommen bei allen Stachelhäutern vor, bei vielen in ziemlich großer Zahl.[1])

Sinnesepithelien wurden nachgewiesen in den Fühlern der Seesterne, Schlangensterne und Seewalzen, auf den fünf Radialplatten am Scheitel der regulären Seesterne, an den Enden der Ambulacralfüßchen bei allen Stachelhäutern (Fig. 23) und den pinselförmigen Tastfüßchen der Herzigel und endlich den Tastpapillen der Synaptiden (Fig. 24).

[1]) Zum folgenden vergleiche Bronn, Klassen und Ordnungen des Tierreichs, 2. B., 3. Abt., von Ludwig, fortgesetzt von Hamann, Leipzig 1889—1902.

Die **Fühler** der Seesterne und Schlangensterne stehen am Ende der Ambulacralfurche und haben die Gestalt eines lang hervorstreckbaren zylindrischen, an der Spitze abgerundeten Fortsatzes,

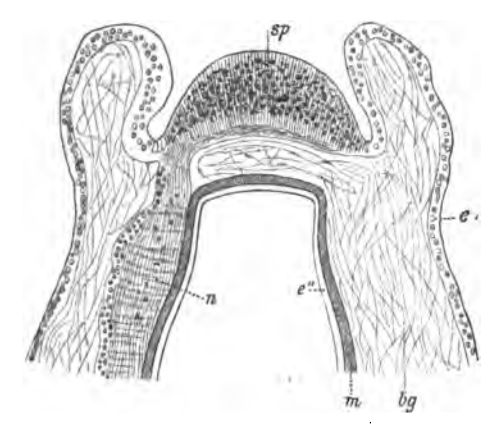


Fig. 23. Längsschnitt durch eine Ambulacralpapille von Holothuria polii Delle Chiaje. Nach Hamann.

sp Sinnesplatte, *e'* äußeres, *e''* inneres Epithel, *n* Füßchennerv, *m* Muskelschicht, *bg* Bindegewebe.

der im Innern das Ende eines radialen Wassergefäßes umschließt. Die äußere Oberfläche hat eine bewimperte Cuticula, dann folgt nach Innen eine aus Stütz- und Sinneszellen bestehende Zellschichte

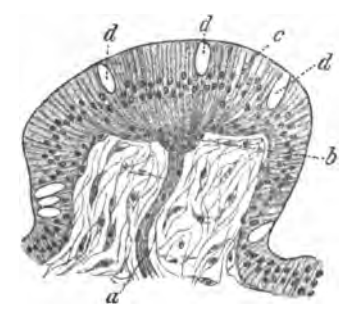


Fig. 24. Schnitt durch eine Tastpapille von Synapta digitata Mont. Nach Hamann.

d Drüsenzellen, *c* Epithel- und Sinneszellen, *a* Hautsinnesnerv, *b* seine gangliöse Anschwellung (die Nervenplatte).

und eine Faserschichte. Ganz ähnlich sind die Sinnesepithelien an den Fühlern der Schlangensterne und Seewalzen und die Sinnesplatten in den Ambulacralfüßchen gebaut.

Bei manchen Synaptaarten kommen an der Innenseite der Fühler kleine, in die Haut eingesenkte knospenförmige Organe (die Sinnesknospen Hamanns) vor. Sie bestehen aus Stütz- und Sinneszellen. Vermutlich wegen ihrer entfernten Ähnlichkeit mit den Geschmacksknospen beim Menschen hat man diese Organe als Geschmacksorgane erklärt. Ähnliche Organe kommen auch bei den Schlangensternen vor.

Die sogenannten Gehörbläschen bei Synapta digitata und

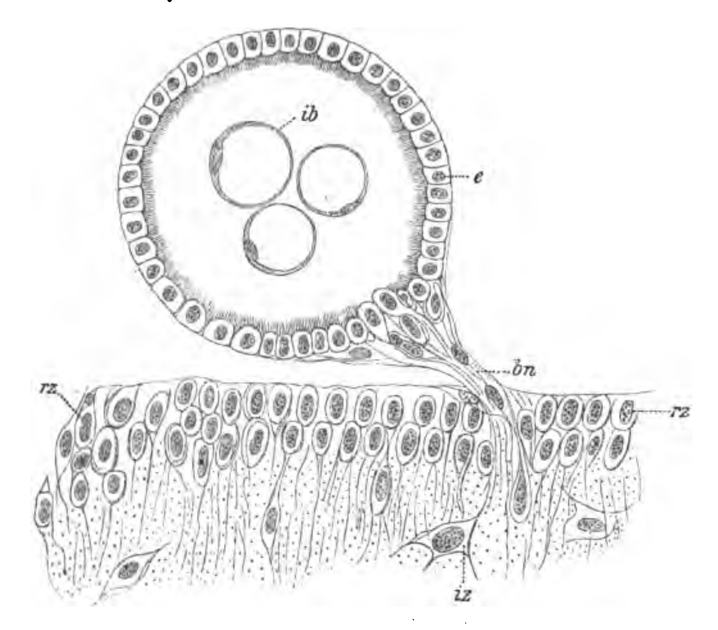


Fig. 25. Schnitt durch ein Hörbläschen von Synapta inhaerens O. F. Müller; darunter der schief getroffene Radialnerv. Nach Semon.

e Epithel, *ib* Inhaltsbläschen des Hörbläschens, *bn* Nerv zum Hörbläschen, *rz* Randzellen, *iz* Innenzellen des Radialnerven.

inhaerens, an denen sie Baur entdeckt hat, sind bläschenförmige, Gebilde, von denen je zwei an jedem Radialnerv kurz nach seiner Abzweigung vom Ringnerv ansitzen (Fig. 25). Bei anderen aber namentlich Tiefsee-Holothurien, kommen viel mehr solcher Organe vor. Bei Kolga hyalina z. B. liegen an jedem der beiden seitlichen ventralen Radialnerven 26 solcher Bläschen hintereinander. Jedes Bläschen ist durch einen kurzen Stiel mit dem Radialnerv verbunden und besteht aus einer strukturlosen Wand und einem

deutlichen Epithelbelag an der Innenseite dieser Wand. Im Innern liegt eine verschiedene Anzahl von Otolithen, bei Synapta 2, bei Kolga hingegen 20—130. Es sind entweder feste Körper oder Bläschen, die aus einer festen Wand und einem flüssigen Inhalt bestehen und sich in fortwährender zitternder Bewegung befinden. Der Eintritt von Nerven in dieses Bläschen ist noch nicht sicher-



Fig. 26. Armende mit dem von Stacheln umgebenen Auge *Oc* von Astropecten aurantiacus. Nach Haeckel.

gestellt, bei manchen Arten auch nicht das Vorhandensein von Otolithen, weshalb auch die Deutung als Gehörorgan nicht allgemein anerkannt ist.

Als Augen werden Organe gedeutet, die an der Spitze der Arme bei den Seesternen vorkommen. An der Unterseite der Fühler-

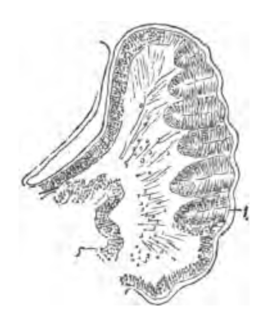


Fig. 27. Sagittaler Längsschnitt durch einen Augenträger von Asteracanthion. Nach Carrière.

1 unterstes der 6 durch den Schnitt getroffenen Augen.

basis erhebt sich eine durch ihre lebhafte rote Färbung auffallende Papille, die durch eine Verdickung des Radialnerven und des darunter gelegenen Bindegewebes gebildet wird (Fig. 26, 27). In der Nervenschicht sind ziemlich dicht beieinanderstehend die einzelnen Augen eingelagert (Fig. 28). Diese haben die Gestalt eines mit seiner

Spitze nach Innen gekehrten Kegels, dessen Achse normal zur äußeren Oberfläche der Augenpapille steht. Die meisten Untersucher erklären, daß sich über diese kegelförmigen Vertiefungen die glashelle durchsichtige Cuticula wölbt; andere hingegen behaupten, daß sich die Cuticula in die kegelförmige Vertiefung jedes einzelnen Auges einsenkt und also dessen innere Auskleidung bildet. Nach der ersten Ansicht ist der kegelförmige Raum unter der Cuticula von einem wasserhellen gallertigen Stoff (Kristallkegel) ausgefüllt, nach der andern aber öffnet sich das Innere des Auges frei nach Außen und enthält Seewasser. Die Wand des Kegels wird von Farbzellen gebildet, die sich nach Innen in feine, in die Nervenschicht des Radialnerven eintretende Fasern fortsetzen. An ihrem äußeren Ende

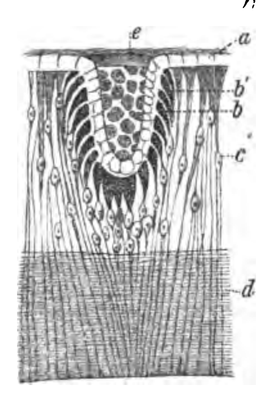


Fig. 28. Schnitt durch ein Einzelauge von Asterias glacialis. Nach Cuénot.
a Cuticula, *b* die pigmentierten Zellen, *b'* Deckplättchen (Stäbchen) der Pigmentzellen, *c* Epithelzellen des Augenwulstes, *d* Nervenfaserschicht, *e* Eingang in den Innenraum des Augenkegels.

hat jede Farbzelle eine kleine, helle cuticulare Deckplatte, über deren Beschaffenheit jedoch keine Gewißheit besteht. Nach der Ansicht der einen Forscher ist sie von wässeriger Beschaffenheit, nach anderen aber ist sie ein Stück des Zelleibes und trägt sie eine feine Borste, die in die gallertige Flüssigkeit des Augenkegels hineinragt. Nach Haeckel dient die Cuticula als Hornhaut, dann könnte man den Kristallkegel als lichtbrechenden Apparat (Glaskörper) und die Farbzellen als Sehzellen auffassen.

Bei Synapta vittata werden zwei an jeder Fühlerwurzel befindliche Farbflecken als Augen gedeutet. Nach Barthels und Ludwig[1]) entspricht jedem dieser Farbflecken eine Verbreiterung

[1]) Bronn, 2. B., 3. Abt., 1. Buch.

des Fühlernerven, welche sich durch eine ansehnliche Gruppe glasheller, von Farbstoff umlagerter Sinneszellen auszeichnet. Die ganze Gruppe wird von einer Farbschicht wie von einem Gewölbe überdacht. Bei Synapta orsinii fanden dieselben Forscher unter dem Pigmentfleck einen Nervenast, welcher vom Fühlernerv abgeht und an seinem Ende zu einem kugeligen ganglionären Gebilde anschwillt. Ob nun diese Organe dem Tiere eine Lichtempfindung oder gar eine Wahrnehmung von Bildern vermitteln, lassen die beiden Forscher dahingestellt.

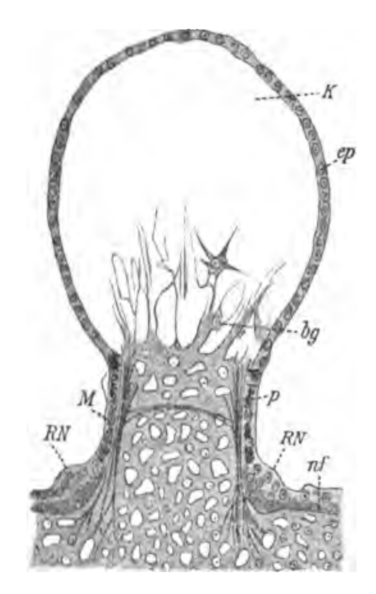


Fig. 29. Längsschnitt durch eine entkalkte Sphäridie von Spatangus purpureus O. F. Müller. Nach Lovén.

ep Epithel, *bg* Rindensubstanz, *k* verkalkter Teil derselben, *p* Pigment, *M* Muskelschicht, *RN* durchquerter basaler Nervenring, *nf* Nervenfasern in der Epidermis der Schale.

Bei den Seeigeln wurden noch keine Lichtorgane nachgewiesen; die Deutung der bei Diadema vorkommenden Farbflecken als Augen hat sich als falsch erwiesen. Nach Uexküll „liegt der Ort, an dem die Umwandlung der Ätherschwingungen in Nervenerregung stattfindet, auf der äußeren Schalenseite, die Photorezeption geht in der Haut vor sich“.[1]

[1]) J. v. Uexküll, Die Wirkung von Licht und Schatten auf Seeigel. Zeitschr. f. Biologie, 40. B. 1900, S. 461.

Die Sphäridien kommen bei allen lebenden Seesternen mit Ausnahme der Gattung Cidaris vor (Fig. 29). Es sind kleine kugelförmige oder ellipsoide Gebilde, die mittels eines kurzen Stiels auf der Schale gewöhnlich in der Mundgegend beweglich sitzen. Sie sind durchscheinend, hart und solid und werden von einer Schichte von Farbzellen, von Epithel und von einer Cuticula mit Wimpern überzogen. Am Grunde des Stiels liegt ein Wulst, der den Stiel ringförmig umgibt; in ihm verläuft ein Nervenring, von dem Fasern zu den Muskeln gehen. Die Bedeutung der Sphäridien ist unbekannt. Sven Lovén hält sie wegen ihres Vorkommens in der Nähe des Mundes für Geschmacks- oder Geruchsorgane. Dem widerspricht aber die Tatsache, daß sie bei vielen Arten nicht bloß in der Nähe des Mundes, sondern auch an anderen Körperstellen vorkommen. Ayers hält sie für Organe zur Wahrnehmung der chemischen Veränderungen des Meerwassers. Dagegen aber spricht ihre Lage in geschlossenen Höhlen, wie z. B. bei den Clypeastriden. Wieder andere, wie Delage und Cuénot, vermuten in ihnen Organe, mit denen sich die Seeigel über die Lage ihres Körpers im Wasser orientieren, also statische Organe.[1])

Auch Geruchs- und Geschmackssinn wird den Stachelhäutern zugesprochen. Nagel[2]) behauptet, daß die Ambulacralfüßchen in besonders hervorragendem Maße der Sitz eines Schmeckvermögens sind. Prouho[3]) hält die Tastfüßchen für Geruchsorgane. Daß auch die Sphäridien als Geruchsorgane erklärt worden sind, haben wir schon gehört.

B. Die Lebenserscheinungen der Stachelhäuter.

1. Die Erscheinungen des Stoffwechsels.

Bei den Haarsternen erfolgt die Aufnahme der Nahrung durch die Flimmerrinnen. Das sind fünf vom Mund ausgehende Furchen, die sich wie die Äste der Arme gabelig spalten und bis in die Spitzen fortsetzen. Die Rinnen sind mit Flimmern ausgekleidet, deren Bewegung einen gegen den Mund gerichteten Wasserstrom erzeugt. Sind die Arme genügend ausgebreitet und sitzt das

---

1) Bronn, 2. B., 3. Abt., 4. Buch, S. 1041 f.

2) Nagel, Vergleichend-physiologische und anatomische Untersuchungen über den Geruchs- und Geschmackssinn und ihre Organe, Bibl. zoolog. Heft 18.

3) Prouho, Du sens de l'odorat chez les Étoiles de mer, Compt. Rend. Acad. Sc. Paris, T. 110. 1890.

Tier still, so strömt das Wasser ganz regelmäßig gegen den Mund und führt diesem mikroskopische, zur Nahrung geeignete Tierchen, wie Diatomeen, Bazillen, Entomostraca u. a. zu.[1]) Die Entleerung des Körpers von unverdaulichen Nahrungsresten geschieht dadurch, daß der Haarstern von allen Seiten die Arme gegen das Afterrohr krümmt; dadurch schwillt er an und entleert sich.

Bei den Seeigeln erfolgt die Aufnahme der Nahrung auf verschiedene Weise. Einige weiden den felsigen Meeresboden ab und ergreifen die auf Steinen, Tangen und Seegräsern angesiedelten Tiere direkt mit ihren Zähnen.[2]) Der Steinigel, Echinus saxatilis, sucht sich natürliche Vertiefungen des Bodens auf oder gräbt sich in das Gestein kreisrunde Löcher, aus denen er nicht wieder heraus kann. Meist ist er mit Steinchen, Muscheln, Lattichblättern u. dgl. bedeckt und verhält sich ganz ruhig, so daß Tiere ohne ihn zu bemerken in die Nähe seines Mundes kommen und mit den Zähnen ergriffen werden.[3]) Auch andere Forscher (Simroth, Gräffe) haben beobachtet, daß sich Seeigel mit verschiedenen Gegenständen, Algen, Steinchen u. dgl. bedecken.

Eine ähnliche Wohnung im Gestein oder im Sande wie der Steinigel haben auch viele andere Seeigel, Echinus lividus, tenebrans, und miliaris, Heterocentrotus trigonarius und mammillatus, Arbacia pustulosa u. a. Die Wohnung, die gewöhnlich mit den Zähnen vielleicht unter Mitanwendung der Stacheln ausgebohrt wird, dient aber nicht der leichteren Erlangung von Nahrung, sondern dem Schutze des Tieres gegen das bewegte Meerwasser. Mitunter ist der Nahrungserwerb durch das Wohnen in solchen Löchern erschwert. Amphidotus cordatus z. B. sitzt im Meeressande in Löchern, die durch einen 15—20 *cm* langen federkielstarken Kanal mit dem Meerwasser in Verbindung stehen. Durch diesen Kanal streckt das Tier ein Büschel langer wurmähnlicher Saugfüßchen mit feinem Tastvermögen heraus und befördert mit ihnen Gegenstände, die damit in Berührung kommen, organische Bestandteile, aber auch Sandkörnchen, in die Höhle, wo sie zunächst auf den Rücken des Tieres gelangen, hier aber von den Wimpern in Empfang genommen und zur Mundöffnung geleitet werden.[4])

---

[1]) Brehms Tierleben II. Aufl., 4. B., 2. Abt., S. 448, 1878.
[2]) Brehm, a. a. O. S. 429.
[3]) Brehm, a. a. O. S. 430.
[4]) Brehm, a. a. O. S. 436.

Andere Herzigel leben auf sandigem oder schlammigem Boden etwas eingegraben. Sie füllen ihren Magen ununterbrochen mit Sand und die diesem beigemengten organischen Bestandteile und mikroskopischen Tiere bilden ihre Nahrung.

Frei herumkriechende Seeigel bemächtigen sich auch größerer Tiere und verzehren sie. So z. B. hat Dohrn in Neapel beobachtet, daß Toxopneustes brevispinosus den Heuschreckenkrebs, Squilla mantis, festhält und frißt. Der Seeigel ist bedeckt mit einer Anzahl von Muscheln, so daß es, wenn er fortkriecht, den Anschein hat, als ob ein Haufen von Muscheln fortkröche. So kann es geschehen, daß beim Fortkriechen mittels der Saugfüßchen diese letzteren sich auf irgendeinen Körperteil des Krebses ansetzen, ohne daß dieser die Annäherung des Seeigels bemerkt hatte. Will nun der Krebs schnell entfliehen, so wirken seine Bewegungen als Reize, infolge deren sich von allen Seiten in weitem Bogen Ambulacralfüßchen ausstrecken und an den Krebs ansetzen. Indem sich nun der Seeigel mit einem Teil der Saugfüßchen an einem festen Gegenstande festhält, zieht er den Krebs mittels der übrigen Saugfüßchen zu seinem Munde und verzehrt ihn, wobei ihm gewöhnlich andere Seeigel Gesellschaft leisten.[1])

Die Schlangensterne bedienen sich zum Ergreifen der Nahrung ihrer außerordentlich gelenkigen und beweglichen Arme, indem sie sie nach allen Seiten ausstrecken und zum Munde einrollen, sobald ein Reiz dazu die Veranlassung gibt. Preyer[2]) hielt mehreren Seesternarten frische Krebsstückchen als Lockspeise entgegen. Die Tiere reagierten nicht, wahrscheinlich weil sie gesättigt waren; wohl aber kam ein mittelgroßes Ophioderma aus mehr als 6 Zoll Entfernung herbeigeeilt und fiel förmlich über das Krebsstückchen her. Als er es fortnahm und wo anders hinlegte, kam dasselbe Tier aus 3 Zoll Entfernung herbei und schlang einen Arm wie eine Schlange um das Stück. Dieses wurde nochmals fortgenommen; nun formte das Tier den Arm zum Haken, langte sich mit ihm das Krebsstück und brachte es zur Mundöffnung, ähnlich wie es ein Octopus macht. Die langstielige, ungemein geschickte Ophiomyxa umschlingt kleine tote Fischchen

---

[1]) Dohrn, Mitteilungen aus und über die zoolog. Stat. zu Neapel. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie, B. 24, 1875. — Brehm, a. a. O. S. 431.

[2]) Preyer, Über die Bewegungen der Seesterne. Mitt. d. zoolog. Stat. zu Neapel, 7. B., 1886—1887.

und führt sie zum Munde; ungenießbare Gegenstände, wie Glasstückchen, werden zwar auch gefaßt, aber schnell wieder losgelassen, ein Beweis, daß wenigstens für das Ergreifen der Beute keine bewußte Auswahl den Ausschlag gibt, sondern der Berührungsreiz. Daß ungenießbare Körper schnell wieder losgelassen werden, deutet darauf hin, daß für die weitere Bewegung wie für die Krümmung der Arme bis zum Munde die Berührungsreize allein nicht hinreichen, sondern durch die von jenen Körpern ausgehenden chemischen Reize ergänzt werden.

Die Stelleroiden können die Arme nicht bis zum Munde krümmen. Bei ihnen ergreifen die Füßchen die Beute und übergeben sie den näher beim Munde liegenden, wodurch sie von der Spitze der Arme allmählich bis zum Munde befördert wird. Der Mund ist einer großen Erweiterung fähig und ein Teil des Verdauungskanals kann herausgestülpt werden, wodurch die Aufnahme der Nahrung sehr erleichtert wird. Ist das Beutetier klein, so wird es lebend verschluckt, und zwar oft in solcher Menge, daß der Darm ganz prall gefüllt ist. Hamann[1]) z. B. fand im Magendarm eines Astropecten 10 Pecten, 6 Tellina, etliche Conus und 5 Dentalium. Die unverdaulichen Teile, wie die Schalen der Muscheln und Schnecken oder die Stacheln von Stachelhäutern werden wahrscheinlich durch den Mund wieder ausgeworfen. Manche Seesterne verzehren auch größere Beutetiere. Diese werden nicht in den Magen aufgenommen, sondern nur ihres organischen Inhaltes entleert. Das geschieht auf verschiedene Weise. Deslongchamps[2]) berichtet, daß viele Seesterne einen giftigen Saft absondern, der die Schließmuskeln der Muscheln lähmt und sie zum Aufklappen der Schalen zwingt, worauf dann der Inhalt der Muscheln verzehrt wird. M'Andrew and L. Barrett sahen,[3]) wie Asterias zwischen seinen Strahlen eine große Littorina festhielt und seinen ausgestülpten Magen bis in die innersten Schalengewinde hineinschob. Nach Hamann bringt Asterias rubens eine Muschel mittels der Füßchen in die Nähe der Mundöffnung, umfaßt sie mit dem ausgestülpten

---

[1]) Hamann, Beitr. zur Histologie der Echinod., Heft 1, Jena 1884.

[2]) Deslongchamps, Notes sur l'Astérie commune. Ann. Sc. Nat., T. 9, S. 219—221, 1825.

[3]) M'Andrew and L. Barrett, List of the Echinodermata dredged between Drontheim and the Nord Cape. Ann. and Mag. Nat. Hist. Vol. 20, 1857, S. 43—46.

Magendarm und zieht sie in die Mundöffnung hinein. Eine klebrige Flüssigkeit, welche die Muschel umhüllt, zwingt sie, ihre Schalen zu öffnen. Nun wird sie vollständig ausgesogen; hierauf zieht sich der Magendarm zurück und gibt die Schalen frei. Nach Schiemenz[1]) bringen Seesterne mit kleinerer Scheibe und beweglichen Armen, z. B. Asterias glacialis, eine Muschel mit Hilfe ihrer Füßchen an den Mund und drehen sie hier so um, daß der Schalenrand dem Munde zugekehrt ist. Nun wölbt der Seestern seinen Körper über die Schale, heftet die Saugfüßchen beiderseits an die Schalen an und zieht sie auseinander. Sodann stülpt er seinen Magen über das Tier, umhüllt es, dringt in ihr Gehäuse ein und nimmt die Weichteile in sich auf.

Die Verdauung wird eingeleitet durch das Sekret der Darmdrüsen. Diese verwandeln die Nahrung in eine Emulsion, die durch die Wand der Blindsäcke in die Leibeshöhle dringt, wo sie von den Amöbocyten, den Wanderzellen, ergriffen und in ihre Zellsubstanz aufgenommen und nun in die Gewebe hineingeführt wird.

Bei den Seewalzen geschieht die Zufuhr der Nahrung durch die Fühler. Bei den Aspidochiroten wirken die Fühler wie Schaufeln, die den Sand der Korallenriffe, in dem sie zum Teil eingegraben sind, und damit zugleich organische Stoffe, tote und lebende Kruster, Würmer, Weichtiere und selbst kleine Fische massenweise in den Mund bringen.[2]) Ähnlich ist es bei den Synaptiden[3]). Die Fühler krümmen sich der Reihe nach zum Mund, um ihn mit Sand und Schlamm voll zu schaufeln und durch den Schlund den Magen zu füllen. Nach Semon[4]) ergreifen die Synaptiden mit den Fühlern auch einzelne Sandkörnchen und streifen sie samt den an den Fühlern haftenden Tierchen in den Mund ab. Die Dendrochiroten benutzen die Fühler als Köder, mit dem sie allerlei Tiere anlocken. Von den Fühlern sind acht länger und strauchförmig verzweigt, zwei jedoch sind kürzer und gleichen einem Besen oder Wischer. Die ausgestreckten Fühler sehen aus wie ein Algenbusch und auf ihnen lassen sich verschiedene Tiere, Kruster, Quallen, Infusorien, allerlei Larven usw. nieder. „In fast

---

[1]) Schiemenz, Mitt. d. deutschen Seefischereivereines, 12. B., S. 102, 1896.

[2]) Semper, Reisen im Arch. d. Philipp. 2. T., 2. B., Leipzig 1868.

[3]) Bronn, a. a. O., 2. B., S. 388.

[4]) Semon, Beitr. zur Naturg. der Synaptiden d. Mittelmeeres. Mitt. d. zoolog. Stat. zu Neapel, VII. Bd., 1887.

rhythmischer Aufeinanderfolge zieht sich dann ein Fühler nach dem andern langsam und vorsichtig zusammen, biegt sich nach Innen um und wird in die Mundöffnung gebracht. Sowie er darin völlig aufgenommen ist, verengert sich dieselbe und jetzt zieht das Tier den Tentakel langsam wieder heraus. Ehe er aber ganz heraus ist, legt sich einer der beiden kleinen ventralen Tentakeln über die Mundöffnung und bedeckt sie, bis ein zweiter Tentakel sich zusammengezogen, umgebogen und angeschickt hat, in die Mundöffnung einzugehen. Dieses Spiel der Tentakeln geht fast ununterbrochen vor sich.“ Die kleinen Fühler dienen also sowohl zum Verschluß der Mundöffnung als auch zum Abstreifen der an den Fühlern sich ansammelnden Tiere.[1])

2. Die Erscheinungen des Formwechsels.

Die generelle Anpassung hat schon zur Entwicklung von ziemlich hochentwickelten Organsystemen geführt, die ausschließlich bestimmten Zwecken dienen, wie die äußere Haut, die Muskulatur, das Nervensystem, das Wassergefäß-, Verdauungs-, Atmungs- und Blutkreislaufsystem und endlich die Geschlechtsorgane. Dieser weitgehenden histologischen Anpassung entspricht auch die cellulare.

Formveränderungen, die als Erscheinungen der individuellen Anpassung bezeichnet werden könnten, sind bisher keine beobachtet worden. Gelegentlich auftretende Abweichungen von der gewöhnlichen Körperform wie Doppelbildungen (bloß 2 beobachtete Fälle), Albinismus (1 Fall), die häufiger auftretende Abweichung von der Fünfzahl der Arme, Gabelung und Verwachsung von Armen usw. (Bronn, a. a. O., 737) sind von viel zu geringer Bedeutung für das Leben des Tieres, als daß man sie als Erscheinungen der individuellen Anpassung erklären könnte. Sie sind auch von keiner phylogenetischen Bedeutung, weil sie sich nicht vererben.

Von den Erscheinungen der ontogenetischen Entwicklungsreihe ist von besonderer Wichtigkeit, daß bei den Stachelhäutern zum erstenmal Erscheinungen vorkommen, die als **Begattung** und **Brutpflege** erklärt werden. Im allgemeinen erfolgt die Befruchtung der Eier entweder erst außerhalb des Mutterleibes oder noch im Ovarium ohne individuelle Begattung, indem die Samenflüssigkeit in das Wasser ergossen und mit diesem rein passiv dem Ei oder

[1]) Bronn, 2. B., 3. Abt., 1. Buch, S. 416 f.

dem Ovarium zugeführt wird (Bronn, 219, 266, 332, 390). Nach Ludwig jedoch[1]) ist bei Asterias gibbosa etwas einer Begattung Ähnliches zu beobachten. Während das Weibchen die Eier ablegt, drängen sich zwei oder drei Männchen dicht an dasselbe heran und schieben sich mit ihren Armen in so enger Weise über oder unter die Arme des Weibchens, daß der austretende Samen seinen Weg vorwiegend an die Unterseite des Weibchens und damit an die dort austretenden Eier nehmen muß. Die Eier werden sodann in das Meer entleert und vom Weibchen an die Gegenstände, über die es hinwegkriecht, dicht nebeneinander festgeklebt. Meistens jedoch wird der Samen, ohne daß sich das Männchen weiter darum kümmert, in das Meerwasser entleert. Nur bei Cucumaria Kirchsbergii beobachtete Kowalevski,[2]) daß das Männchen den in Form eines weißen Fadens aus der Geschlechtsöffnung herausgetretenen Samen mit einem der bauchständigen Fühler aufhob und in das umgebende Wasser „gewissermaßen aussäte".

Bei einigen Stachelhäutern wurde eine Art Brutpflege beobachtet. Bei Phyllophoros urna, Synapta vivipara und Chirodota rotifera gelangen die Eier auf eine noch nicht aufgeklärte Weise in die Leibeshöhle; bei Cucumaria minuta und laevigata werden sie von zwei ventral gelegenen Brutsäcken aufgenommen; bei Cucumaria crocea und Psolus ephippifer werden sie auf dem Rücken des Tieres festgehalten. Bei Cucumaria planci treten die Eier zunächst in den von den Fühlern umstellten Vorhof des Mundes. Hier werden sie befruchtet und jetzt erst in das Meer ausgestoßen.[3])

Bei den Seesternen sind die Erscheinungen komplizierter. Bei Echinaster sanguinolentus und Asterias Mülleri finden die Eier dadurch Schutz und Raum zur Entwicklung, daß die Tiere ihre Arme gegen die Bauchseite zusammenkrümmen.[4]) Philippi[5]) hat beobachtet, wie Asteracanthion varium den Rücken der Scheibe fast beutelförmig in die Höhe hob und den Ursprung der Arme einander näherte und dadurch einen Brutsack bildete. Bei Leptoptychaster

---

[1]) Ludwig, Entwicklungsgeschichte d. Asterina gibbosa, Zeitschrift f. wissensch. Zool., 37. B., S. 1—98, 1882.

[2]) Kowalevski, Beitr. z. Entwicklungsgesch. d. Holothurien. Mém. de l'Ac. impér. des sc. de St. Pétersbourg VII. Sér. T. 11., N. 6, St. Petersburg 1867.

[3]) Bronn, 2. B., 3. Abt., I. Buch, 251.

[4]) A. Sars, Über d. Entwicklung d. Seesterne. Arch. f. Naturg., S. 169—178, 1844.

[5]) Philippi, Neue Seesterne aus Chile. Arch. f. Naturg., S. 273, 1870.

kerguelensis ist nach Wyville Thomson[1]) die Körperoberfläche mit kleinen Kalksäulen bedeckt, die auf ihrer Spitze eine Anzahl horizontaler Kalkstäbchen tragen; indem die Stäbchen der benachbarten Kalksäulen sich berühren, wird eine Decke gebildet, unter welcher sich die Eier geschützt entwickeln. Ähnlich ist es bei Hymenaster, wo sich zwischen den horizontalen Stäbchen der Kalksäulen noch eine Haut ausbreitet, so daß der Brutraum noch vollständiger abgeschlossen ist. Bei Stichaster nutrix fand Studer[2]) die jungen Seesterne in den interradialen Aussackungen vom Anfangsteil des Magens liegen. Perrier[3]) sah junge Tiere von Asterias spirabilis mit einem Bauchstiel auf der Bauchseite der Mutter sitzen. Weitere Fälle von Brutpflege haben Danielssen und Koren, Gray und Martens beobachtet.

Auch bei den Seeigeln spricht man von Brutpflege. Gewöhnlich werden die Eier in das umgebende Meerwasser entleert und hier müssen sie ohne Zutun des Tieres mit dem Samen des männlichen Tieres zusammentreffen. Bei einigen Gattungen jedoch gelangen die Eier nicht in das umgebende Wasser, sondern bleiben auf der Oberfläche der Schale liegen, um hier befruchtet zu werden und sich zu jungen Tieren zu entwickeln. Nach Thomson gleiten bei Cidaris nutrix die Eier nach ihrer Entleerung auf der Oberfläche der Schale bis zum Mund hin und werden hier durch die kleinen primären spatelförmigen Stacheln, welche um den Mund eine Art offenes Zelt bilden, festgehalten und entwickeln sich hier zu jungen Tieren. Bei Goniocidaris canaliculata entwickeln sich die Eier in einem ähnlichen Raum über der Afteröffnung. Über andere Fälle von Brutpflege bei Seesternen berichten Agassiz und Grube. Das Wort Brutpflege ist jedoch in allen diesen Fällen nicht am Platze, weil das Tier zur Weiterentwicklung des Eies nichts beiträgt.

3. *Die Erscheinungen des Energiewechsels.*

a) Anscheinend spontane Bewegungen.

Amöboide Bewegungen wurden in den sogenannten Wanderzellen beobachtet, die zuerst von Semper in der Lederhaut der Seewalzen entdeckt wurden. Später wurden ganz ähnliche

[1]) Wyville Thomson, The voyage of the Challenger. 2 Vols. London 1877.

[2]) Studer, Jahrb. d. Hamburger wissensch. Anstalten S. 157, 1885.

[3]) Perrier, Échinodermes de la Mission scientif. du Cap Horn 1. Stellérides. In: Miss. scient. Cap Horn. Zoologie, T. 6, Paris 1891.

Zellen auch in der Haut anderer Stachelhäuter, ferner in der Flüssigkeit, die das Coelenteron ausfüllt, dem Inhalt des Wassergefäßsystems und in der Bindegewebschichte der Geschlechtsorgane gefunden. Auch die eiähnlichen Drüsenzellen im Epithel des Magens und Dünndarms der Seewalzen zeigen amöboide Bewegungen. Die Wanderzellen haben meist eine runde oder eiförmige Gestalt, strecken Pseudopodien aus und ziehen sie wieder ein. Ihre Bedeutung ist noch nicht hinreichend aufgeklärt, wahrscheinlich stehen sie in einer innigen Beziehung zum Stoffwechsel.

Wimperbewegungen sind bei den Stachelhäutern sehr häufig. Insbesondere bei den verschiedenen Larven, die sich mit Hilfe ihrer Wimpern frei im Wasser bewegen. Beim Übergange der Larve in das ausgebildete Tier geht die äußere Bewimperung vollständig verloren. Nur die Haarsterne haben noch eine äußere Bewimperung in der Flimmerrinne, deren Bedeutung wir schon kennen gelernt haben. Innere Bewimperung kommt häufig vor. Das Innenepithel des Darmrohrs, und zwar zumeist vom Schlundrohr bis zum Enddarm, auch die ganze innere Auskleidung des Coeloms ist bewimpert.

Wimperbewegung zeigen ferner noch die sogenannten Wimperorgane bei den Synaptiden. Sie kommen gewöhnlich in den Mesenterien vor, nur selten treten sie auf die Leibeswand über. Es sind gestielte zweiseitig symmetrische Gebilde, die aus einer abgerundeten, eigentümlich gebogenen Platte von verschiedener Form bestehen; bald sind sie trichter- oder becher-, bald pantoffel- oder füllhornähnlich. Oft sitzt eine größere Anzahl von Wimperorganen an einem gemeinschaftlichen Stamm und bildet das sogenannte Wimperbäumchen. Die Verrichtung der Wimperorgane ist noch nicht hinreichend aufgeklärt. Am meisten Wahrscheinlichkeit dürfte die Ansicht von Baur haben,[1]) daß es nämlich Organe sind, welche die Leibesflüssigkeit in Bewegung halten und dadurch Hilfswerkzeuge der durch die ganze Körperwand hindurch erfolgenden Atmung sind, eine Ansicht, die auch dadurch eine Stütze erhält, daß das Auftreten der Wimperorgane bei Synapta Hand in Hand geht mit dem vollständigen Mangel der Kiemenbäumchen.

Endlich zeigen noch die Samenkörperchen der Stachelhäuter Geißelbewegung.[2])

---

[1]) Baur, Beitr. z. Naturg. d. Synapta digitata, Nova acta Acad. Leop.-Carol. Vol. 31, Dresden 1864.

[2]) Wagner, Icones zootomicae, Leipzig 1841.

Die wichtigste Art der Bewegung ist die Kontraktionsbewegung. Die verschiedenen Bewegungen bei der Aufnahme der Nahrung haben wir schon kennen gelernt. Jetzt sollen noch die Bewegungen bei der Ortsveränderung besprochen werden. Die freien Haarsterne, nämlich die Comatuliden, bewegen sich schwimmend durch Rudern mit ihren Armen, aber nicht auf weite Strecken, sondern nur um einen Gegenstand aufzufinden, an den sie sich mittels der klauentragenden Ranken des Rückens festhalten können. Haben sie einen bequemen Platz gefunden, so bleiben sie, die Mundfläche nach der Seite oder nach oben gekehrt, ruhig hängen, um auf Nahrung zu warten. Wahrscheinlich schwimmen auch die gestielten Haarsterne zeitweilig mittels ihrer Arme, um sich dann wieder festzusetzen. Sie können auch auf horizontalen Flächen vorwärts schreiten, indem sie abwechselnd links und rechts von der Richtung ihrer Fortbewegung einen Arm vorschieben, was wegen der Länge der Arme eine starke Beugung derselben benötigt.

Die Seesterne mit echten Saugfüßchen bewegen sich auf fester Unterlage fort, und zwar nicht nur auf horizontalen, sondern auch auf vertikalen Flächen. Dabei strecken sich nach Tiedemanns Schilderung [1]) die Füßchen in der Richtung der Ortsveränderung vor, saugen sich fest und ziehen den Körper durch Zusammenziehung nach. Einziehen und Wiederausstrecken der einzelnen Füßchen wechselt ununterbrochen ab. Die Streckung geschieht durch Füllung des Füßchenkanals mit Wasser vom Wassergefäßsystem aus. Berührt die Endplatte mit dem Ringwulst die Unterlage, so zieht sie sich durch Zusammenziehung der Längsmuskelfasern, die den zentralen Kanal umgeben, wie der Kolben einer Spritze zurück, während der überstehende muskelfreie Wulst, der nicht mit zurückgezogen wird, luftdicht an der Unterlage haften bleibt. Dadurch entstünde im Zentrum der Saugplatte ein kleiner luftleerer Raum, welcher jedoch dadurch ausgefüllt wird, daß die Saugplatte durch den äußeren Wasser- und Luftdruck an die Unterlage fest angepreßt wird. Die Ansaugung ist so fest, daß beim Versuch, das Tier von der Unterlage loszulösen, die Füßchen abreißen. Die natürliche Loslösung geschieht dadurch, daß vom radialen Wassergefäßsystem wieder Wasser

---

[1]) Tiedemann, Beobachtungen über das Nervensystem und die sensiblen Erscheinungen der Seesterne. In Meckels deutsch. Arch. f. d. Physiol., 1. B., 1815.

in die Füßchen eindringt und die Endplatte herabdrückt. Die Folge davon ist, daß die Endplatte durch den Luft- und Wasserdruck nicht mehr festgehalten wird. Jene Arten, deren Ambulacralfüßchen keine Endplatte, sondern ein kegelförmiges Ende haben, wie Astropecten, bohren sich, wenn die Füßchen durch das Eindringen des Wassers anschwellen, damit in den Sand und gehen auf den Füßchen wie auf Stelzen. Abgetrennte Arme der Seesterne bewegen sich vor und rückwärts wie die unverletzten Tiere, sofern nur ein Stück des Nervenringes vorhanden ist. Die Bewegungen sind jedoch ziellos, wenn von dem Nervenring nichts daran ist. Die Koordination der Bewegungen scheint also von dem Nervenring aus zu erfolgen.[1]) Beim Kriechen werden die Tentakeln am Ende der Arme nach allen Richtungen bewegt, als wenn sie tasten würden wie der Blinde mit seinem Stock. Dabei wird die die Augen tragende Spitze einiger oder aller Strahlen etwas nach oben gewendet, so daß die Augen nicht mehr nach unten gerichtet sind. Die Seesterne können auf dieselbe Weise wie auf horizontalem Boden auch an senkrechten Wänden emporkriechen, selbst an dünnen und starren Drähten. Auch einzelne abgetrennte Arme klettern gerade so wie unversehrte Tiere (Preyer 94).

Eine besondere Art von Lebenserscheinungen sind die Selbstwendungen der Seesterne, d. h. die Tiere nehmen ohne fremde Unterstützung die ihnen angepaßte natürliche Haltung wieder ein, wenn sie durch eine äußere Kraft verändert worden ist (Preyer 96). Legt man Seesterne auf den Rücken, so drehen sie sich mit Hilfe ihrer Füßchen um. Ein Arm oder mehrere benachbarte Arme biegen sich von der Spitze an um, so daß ihre Füßchen die Unterlage erfassen; indem nun diese Umbiegung mundwärts fortschreitet, hebt sich das Tier mit dem andern Ende empor, überschlägt sich endlich und kommt somit wieder in die Bauchlage. Dabei ist es aber notwendig, daß nicht alle fünf Arme gleichzeitig versuchen, das Tier umzuwenden, weil, wenn sich die Saugfüßchen aller fünf Arme an den Boden anheften würden, eine Umdrehung unmöglich wäre. In der Tat sieht man nur drei Arme ihre Umdrehungstätigkeit beginnen, während die zwei anderen sich ruhig verhalten und dadurch passiv an dem Erfolg der drei anderen mitwirken. Diese passive Mitwirkung wird aber gestört, wenn man die nervöse Verbindung dieser zwei

[1]) Preyer, Über die Bewegungen der Seesterne. Mitt. d. zool. Stat. zu Neapel, 7. B., 1886—87.

Arme durch einen Einschnitt in den Nervenring trennt. Wird ein solches Tier auf den Rücken gelegt, dann arbeiten die Füßchen von vier oder allen fünf Armen und doch bleibt ihre Arbeit stundenlang umsonst, während der unverletzte Seestern sich in wenigen Minuten umdreht.[1]) Auch isolierte, selbst halbe Arme wenden sich um, aber solche mit einem zentralen Nervenabschnitt schneller als solche ohne ihn und je mehr von dem zentralen Nerventeil am Arm bleibt, desto schneller folgt die Drehung. Wird aber beim Arm der Radialnerv in der Mitte quer durchschnitten, so ist die Selbstwendung unvollständig oder, wenn vollständig, zufällig, da die physiologisch abgetrennten Abschnitte keine assoziierten Füßchenbewegungen mehr machen können. Eine andere Art von Selbstwendung kommt zustande, wenn die Füßchen sich nicht fest genug ansaugen können (Preyer 107). Zwei oder drei benachbarte Radien biegen sich und legen sich zusammen und bringen die Scheibe samt den übrigen Armen zum Überschlagen; der ganze Seestern macht also einen Purzelbaum. Diese Art der Selbstwendung ist bei den Schlangensternen die gewöhnliche. Auch bei Seeigeln wurde Selbstwendung beobachtet. Romanes und Ewart bemerkten, daß Echinus, auf den Rücken gelegt, durch Ausstrecken und Anhaften der Füßchen zunächst den Äquator senkrecht stellt. Bei manchen Exemplaren greifen stets dieselben Radien an. Nach einer Ruhepause läßt sich sodann der Seeigel langsam auf die Mundseite herab, wobei sich die Pedicellen der nach abwärts kommenden Radien noch vor der Berührung mit der Unterlage krümmen. Halbe Tiere, einzelne Radien und selbst kleinere Stücke drehten sich um. Schwache Tiere hingegen und solche, denen der Nervenring durchschnitten war, nicht.

Die Seeigel bewegen sich gleichfalls mit Hilfe ihrer Saugfüßchen auf horizontalen und vertikalen Flächen fort. Einige klettern sogar auf baumartigen Seegebilden, z. B. zwischen dem feinen Astwerk von Tangen hin und her, wie Psammechinus microtuberculatus. Andere, wie die Arten von Arbacia, laufen auf ebenen Flächen geschickt und schnell mit den Stacheln wie auf Stelzen; beim Steigen und Klettern jedoch auf geneigten und vertikalen Flächen nehmen auch sie die Saugfüßchen zu Hilfe. Auch die Zähne helfen mit; indem sie rhythmisch hervorgestoßen und eingezogen werden,

[1]) J. Loeb, Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie und vergleichende Psychologie, Leipzig 1899.

stemmen sie sich gegen die Unterlage und helfen so den Körper vorwärtsschieben. Die Bewegungen der Stacheln und der Zähne sind koordiniert und wirken also in gleichem Sinne. Eine besondere Eigentümlichkeit mancher Seeigel besteht, wie wir oben gehört haben, darin, daß sie sich mit verschiedenen Gegenständen zudecken. Toxopneustes brevispinosus hält auf der Rückenseite mittels seiner Saugfüßchen eine Anzahl von Muschelschalen fest, so daß von dem Tier selbst oft nichts zu sehen ist. Bei der Fortbewegung ruft das Tier den Eindruck hervor, als ob ein Haufen Muscheln näher käme und wird deshalb von seinen Beutetieren nicht rechtzeitig erkannt. Endlich müssen bei den Seeigeln noch die Pedicellarien erwähnt werden. Es sind gestielte, zwei-, drei- oder vierschenklige Greifzangen, die besonders zahlreich um den Mund, aber auch zerstreut über den ganzen Körper vorkommen. Sie erfassen die in kleinen Brocken erscheinenden Exkremente, übergeben sie ihren Nachbarn bis über die Wölbung des Gehäuses hinaus und lassen sie dort ins Wasser fallen. Sie dienen also zur Reinigung des Körpers. Sie strecken sich nach allen Seiten hin, wobei sich die Zangen unaufhörlich öffnen und schließen. Gelegentlich ergreifen sie wohl auch einen Wurm oder ein Weichtier, das zwischen ihre Zangen gerät. Doch scheinen sie ihre Beute nicht zum Munde zu führen, sondern nur von der Körperoberfläche zu entfernen.

Die Seewalzen kriechen zumeist langsam umher, andere klettern auf Pflanzen und Korallenästen auf und nieder und wieder andere führen eine festsitzende Lebensweise, namentlich jene, die sich in Sand eingraben. Zur Fortbewegung dienen teils wellenförmige, von vorn nach hinten fortschreitende Zusammenziehungen des Körpers, teils die Saugfüßchen, teils die Fühler. Bei der Bewegung durch Kontraktionen helfen wahrscheinlich auch die Anker in der Haut mit, indem sie bei den Anschwellungen des Körpers passiv aufgerichtet werden und dann als Stützpunkte für das Weiterschieben des Körpers dienen. Die Bewegungen mittels der Saugfüßchen haben wir schon kennen gelernt. Die Fühler wirken wahrscheinlich durch bloßes starkes Anpressen wie Saugapparate und werden darin vielleicht durch das Sekret unterstützt, das sonst zum Festkleben kleiner Beutestücke dient. Schwimmbewegungen sind bis jetzt nur bei einer einzigen Art beobachtet worden. Sars hat bemerkt,[1]) daß Stichopus natans den ganzen Körper auf und niederdrückt und

[1]) Sars, Koren et Danielssen, Fauna littoralis Norvegiae, Part. 3, Bergen 1877.

sich dadurch schwimmend fortbewegt. Die auf weichem oder sandigem Boden vorkommenden Arten graben sich mit Hilfe ihrer Füßchen, Fühler und Körperbewegungen ein, so daß nur ein oder beide Körperenden herausragen. Dabei wird zuerst mit den Fühlern etwas Sand beiseite geschafft, sodann das Vorderende des Körpers dünn ausgestreckt und in das mit den Fühlern ausgearbeitete Loch hineingesteckt, sodann verdickt es sich und erweitert dadurch das Loch. Hierauf bringen die Fühler neuen Sand beiseite, der Körper wird weiter vorgeschoben und dadurch immer mehr mit Sand bedeckt. Die meisten jedoch suchen sich ihr Versteck zwischen und unter Steinen, in Spalten, Höhlen und Ritzen.

b) Reizwirkungen.

Reizversuche mit Stachelhäutern wurden in großem Umfange gemacht, insbesondere zur Entwicklung der Seeigel.[1]) Soweit sie die entwickelten Tiere betreffen, beschränkte man sich zumeist auf die Feststellung der Tatsache, daß Reize einwirken; über das Verhältnis der Reizstärke zur Reizwirkung, über den Schwellen-, Unterschieds- und Höhenwert, über das Optimum des Reizes und dgl. liegen nur wenige Ergebnisse vor.

Über die Einwirkung von chemischen Reizen, namentlich von Giften haben verschiedene Forscher Versuche gemacht. (Vulpian, Steiner, Preyer, Stassano, Danilewsky, Demoor, Chapeaux u. a., vgl. Bronn 2. B., 3. Abt., 2. Buch, S. 728 u. 2. B., 3. Abt., 4. Buch, S. 1174 ff.) Gegen Curare und Blausäure bleiben Seesterne ziemlich lange unempfindlich und sie behalten das Vermögen der Selbstwendung noch stundenlang. Bei Anwendung von Nikotin jedoch werden die Füßchen zurückgezogen und es kommt zu keiner Selbstwendung. Auch gegen Chloroform sind sie sehr empfindlich, erholen sich aber bald wieder, wenn sie in frisches Wasser gebracht werden. Ebenso empfindlich sind sie gegen Süßwasser, in wenigen Augenblicken verlieren sie das Vermögen, die Füßchen auszustrecken und sich zu wenden. Nach 10 Minuten war bei Asterias glacialis auch die Empfindlichkeit für mechanische Reize erloschen. In Meerwasser gebracht erholte sich A. glacialis in 12 Stunden vollständig. Tiedemann[2]) steckte frische Exemplare von Holothuria tubulosa in Weingeist.

---

[1]) Bronn 2. B., 3. Abt., Experimentelle Biologie von H. Przibram.

[2]) Tiedemann, Anatomie der Röhrenholothurie, des pomeranzfarbigen Seesternes und des Steinseeigels, Landshut 1816.

Nach Verlauf einer Stunde zogen sie sich noch ziemlich lebhaft zusammen, aber nach $1^1/_2$ Stunden waren sie tot.

Krukenberg[1]) machte Versuche mit Synapta digitata und fand daß sie durch eine Curarelösung von 1:300 in 20 Minuten vollständig und dauernd gelähmt wurde. Auch Kampfer bewirkt die Lähmung (nach 30 Minuten), aber nach einstündigem Aufenthalt in frischem Seewasser erholte sich das Tier wieder. Ähnlich war es bei Strychninnitrat im Verhältnis von 1:500, nach 25 Minuten trat Lähmung, in frischem Seewasser wieder Bewegungsfähigkeit ein, allein das Tier starb. Ätherisiertes oder chloroformiertes Wasser bewirkte in 15 Minuten, destilliertes Wasser in 30 Minuten Muskelstarre, Wiederbelebungsversuche blieben erfolglos. Nikotinlösung 1:600—700 bewirkte in 5 Min. energische Kontraktionen, in 25 Min. Muskelstarre und den Tod. Eine Lösung von Atropinsulfat 1:500 verursachte einen Muskelkrampf, der zur Selbstzerstückelung führte.

Romanes[2]) experimentierte mit hungernden Seesternen (Asterias rubens), indem er ihnen 1—2 Zoll von dem Ende des terminalen Fühlers ein Stück einer Krabbe vorhielt. Die Tiere bewegten sich zur Nahrung hin und indem er die Nahrung fortzog, konnte er die Seesterne nach jeder Richtung hin locken. Die Augen kommen hierbei nicht in Betracht, da auch Tiere ohne Augen, ja solche mit weiter gekürzten Armen dem Futter folgten, sofern nur der Nervenring unverletzt blieb. Romanes schrieb, diese Erscheinung einem gut ausgebildeten Geruchssinn zu und verlegt diesen auf die ganze Länge der Bauchseite, da die Tiere nicht reagierten, wenn man ihnen die Futterstücke auf den Rücken legte. Preyer machte ähnliche Versuche mit anderen Arten, erhielt jedoch keine konstanten Ergebnisse. Nach einer schriftlichen Mitteilung des Herrn Schiemenz erkannte der Seestern, ob der Gegenstand, den man an die Spitze eines seiner Arme brachte, zu fressen ist oder nicht. Muscheln und Schnecken nimmt er an, zum Fressen nicht geeignete Gegenstände, wie z. B. Glas, jedoch nicht. Er muß also, wenn er einige Füßchen an dem Gegenstand hat, bemerken, ob es eine Muschel oder Schnecke oder ein nicht freßbarer Gegenstand ist.

---

[1]) Krukenberg, Vergleichende toxikolog. Untersuch. als experimentelle Grundlagen für eine Nerven- und Muskelphysiologie d. Evertebraten, 1. Abt., Heidelberg 1880.

[2]) G. J. Romanes and I. C. Ewart. Observ. on the Locomotor System of Echinodermata. Philos. Transact. Roy. Soc. (Part. III.), London 1882.

Noll beobachtete bei Echinus, Sphaerechinus und Toxopneustes, daß die Beweglichkeit der Pseudopedicellen gesteigert wird, wenn man Speise dem Munde vom Rücken her nähert und hielt sie deshalb für Geruchsorgane.[1]) Daß Nahrung auf die Bewegung der Stacheln richtend einwirkt, haben wir früher (nach den Versuchen von Dohrn) schon gehört. Ähnliche Versuche machten Prouho, Romanes, Preyer, Noll und Nagel. Immer zeigte sich, daß die Tiere den vorgehaltenen Nahrungsmitteln folgten und in manchen Fällen wurde beobachtet, daß die Tiere nur bestimmten Stoffen folgten, daß also dem Anscheine nach eine Auswahl stattfand (Tiedemann, Nagel u. a.).

Graber[2]) machte Versuche über den Einfluß von Rosenöl, Rosmarinöl und Asa foetida auf verschiedene Stachelhäuter. Von den Haarsternen machte er Versuche mit Antedon rosacea. Annäherung von Rosenöl an den Mund hatte schon nach 3—5 Sekunden außerordentlich starke Reaktionen zur Folge; das Tier legte sich auf die Seite wie um dem Reiz auszuweichen, zog die Arme an sich und bewegte sich in dieser Lage 1—3 *cm* weit vorwärts. Läßt man Rosenöl auf Armteile wirken, so machen sie alsbald zuckende Bewegungen; dabei werden die Pinnulae an die Hauptachse herangezogen. Die Tiere passen sich aber bald an den Reiz an und reagieren dann nicht mehr. Auch sind nicht alle Arme gleich empfindlich und manche reagierten auf Reizung des Kelches überhaupt gar nicht. Außerhalb des Meeres in Aquarien verlieren die Tiere sehr rasch viel von ihrer Reizbarkeit. Versuche mit Seesternen, Echinaster sepositus, ergaben, daß die Kiemenbläschen des Rückens und die Füßchen am empfindlichsten gegen Rosenöl sind. Aber auch die Arme bewegen sich, wenn man den Reiz längere Zeit auf ihre Enden einwirken läßt, je nach der Stellung der Reizquelle nach oben oder unten, nach links oder rechts. Auch Schlangensterne sind außerordentlich empfindlich gegen Rosenöl, es tritt aber sehr bald Abstumpfung ein. Bei Seeigeln, Echinus microtuberculatus, tritt bei Annäherung von Rosenöl sofort Bewegung der Stacheln auf und bei langer Einwirkung ist nicht bloß Bewegung der der Reizstelle zunächstliegenden, sondern auch der ent-

---

[1]) Noll, Einige Beobachtungen im Seewasserzimmeraquarium. Zool. Anz. 2, 1879.

[2]) Graber, Über die Empfindlichkeit einiger Meerestiere gegen Riechstoffe. Biolog. Zentralblatt 8. B., 1889.

fernteren zu bemerken; der Reiz pflanzt sich über alle allmählich fort. Die Füßchen biegen sich von der Reizstelle hinweg oder ziehen sich ganz oder teilweise zusammen. Rosmarinöl und Asa wirken ähnlich. Ammoniak wirkt bei manchen auffallenderweise gar nicht, bei den meisten aber sehr stark auf die Mundöffnung, derart, daß das Gebiß nach Innen eingezogen wird. Bei Holothuria tubulosa zeigt sich eine starke Empfindlichkeit der Füßchen, die bei Annäherung von Rosenöl ganz eingezogen werden. Dagegen erwies sich Synapta digitata auffallend unempfindlich, die ausgestreckten Tentakeln reagierten weder auf Rosenöl noch auf Asa. Nur Rosmarinöl bewirkte anfangs eine starke Zusammenziehung der Tentakeln und des Körpers, wurde aber infolge von Anpassung bald wirkungslos.

Nach Preyer,[1]) Demoor und Chapeaux[2]) besitzen die Seesterne und Haarsterne eine große Empfindlichkeit gegen Temperaturänderungen und scheinen sie überhaupt nur innerhalb bestimmter enger Grenzen bestehen zu können. Auffallend ist das niedrige Temperaturoptimum, nach Preyer bei Luidia z. B. schon bei 23—34° C des umgebenden Seewassers, während doch die natürliche Temperatur des Wassers im Golf von Neapel bis 27·2° C steigt. Temperaturen von 31—37° C sind schon lebensgefährlich. Seesterne erholten sich noch nach 32° C, bei 35—37° jedoch trat der Tod ein, nur Holothurien halten nach Frenzel[3]) eine Stunde lang unverändert eine Temperatur von 40° C aus.

Versuche über Wärmeanpassung wurden keine gemacht. Daß unter natürlichen Verhältnissen Wärmeanpassungen vorkommen, darauf deuten mehrere Beobachtungen hin, z. B. die, daß das Maximum der Temperatur, das Seeigel im Golfe von Neapel ertragen, nämlich 28° (nach Uexküll), der höchsten Temperatur des Meerwassers, 27·2° C, entspricht; daß ferner von Uexküll lebende Seeigel noch in Lachen von 34° C gefunden wurden. Nach Vernon sind jüngere Entwicklungszustände von Strongylocentrotus livida gegen Temperaturerhöhung empfindlicher als ältere. Przibram spricht deshalb die Vermutung aus, die größere Empfindlichkeit der Geschlechts-

---

[1]) Preyer a. a. O.

[2]) Demoor und Chapeaux, Contributions à la physiol. nerv. des Echinodermes. Tijdschr. Nederl. Dierk. Ver. (2) Deel 3, 1891.

[3]) Frenzel, Temperaturmaxima für Seetiere. Pflügers Archiv, 36. B., 1885, S. 459.

produkte gegen Temperatur als besondere Anpassung in kälteren Gegenden (z. B. Kerguelen- und Falklandsinseln) habe es mit sich gebracht, daß die Larven bei einigen Seeigeln (und Seesternen) sich in sogenannten Bruträumen der Eltern, zwischen den Stacheln oder in Ambulacralrinnen, entwickeln.[1])

Über tropische und taktische Wirkungen der Temperatur liegen keine Versuche vor. Daß nach den Versuchen von Romanes und Ewart Seeigel und Seesterne, die außerhalb des Wassers mit einem brennenden Streichhölzchen berührt wurden, in der der Reizstelle entgegengesetzten Richtung flohen, läßt es (Przibram a. a. O. 1199) unentschieden, ob dabei ein thermischer oder bloß der traumatische Reiz die Bewegung ausgelöst hat. Auch die Beobachtung Drieschs[2]), daß die roten Strahlen des Spektrums nur eine geringe Bewegung auslösen, läßt sich so deuten, daß die Wirkung dieser Strahlen mehr dem Lichte als der Wärme zuzuschreiben ist. Nach Graber ist Acanthion rubens auch bei geringer Lichtstärke cyanophil, selbst dann noch, wenn das Tier aller Augen beraubt worden ist.

Die Lichtempfindlichkeit der Seesterne hat zuerst Tiedemann beobachtet. Die Seesterne sammelten sich im lichten Teil des halbbedeckten Behälters. Tiedemann schrieb die Lichtempfindlichkeit der Haut zu. Romanes[3]) und Preyer[4]) haben jedoch nachgewiesen, daß die Augenflecken allein lichtempfindlich sind, denn geblendete Seesterne versammeln sich nicht wie die unversehrten im lichten Teil des Gefäßes.

Preyer stellte auch Versuche zur Prüfung des Farbensinnes der Seesterne an, doch ohne bestimmte Ergebnisse. Auch die Versuche Grabers hatten kein sicheres Ergebnis. Er schließt zwar auf Leucophilie und Erythrophobie, allein nach Driesch (a. a. O.) sind die beobachteten Erscheinungen auch durch Photophilie und Photophobie hinreichend erklärt.

Loeb[5]) hält die Bewegungen gegen die Lichtquelle bei Asterias tenuispina, die übrigens auch bei anderen Seesternen und auch

---

[1]) Przibram in Bronn, 2. B., 3. Abt., 4. Buch, S. 1199.

[2]) Driesch, Heliotropismus bei Hydroidpolypen. Zoolog. Jahrb., Abt. f. Syst. V. 1890, S. 154—155 (Anhang).

[3]) Romanes and Ewart, Observ. on the Locom. System of Echinodermata. Philos. Transact. Roy. Soc. (Part. 3, 1881), London 1832.

[4]) Preyer a. a. O., S. 220.

[5]) Loeb, Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie und vergleichende Psychologie, Leipzig 1899.

bei Seeigeln beobachtet worden sind, für eine Wirkung des positiven Heliotropismus. Er brachte eine große Anzahl von A. tenuispina und A. gibbosa in ein Aquarium, welches nur von der Seite her in nahezu horizontaler Richtung Licht erhielt. In kurzer Zeit krochen die A. tenuispina zur Lichtquelle hin, die A. gibbosa hingegen krochen an den vertikalen Wänden in die Höhe, ohne vom Licht beeinflußt zu werden. Erstere ist also positiv heliotropisch, letztere negativ geotropisch. Preyer wendet sich gegen diese Schlußfolgerung und meint, daß wahrscheinlich irgendeine Eigentümlichkeit des Bodens oder gerade der Stelle, an der sich das Tier eben befindet und welche zum Ansaugen oder zum längeren Verweilen ungeeignet geworden ist, das Tier zum Hinaufkriechen veranlaßt, oder es können auch die Parasiten in den Ambulacralfüßchen das Tier zur Flucht nach oben veranlassen, indem der durch diese Parasiten bedingte Reiz als von unten kommend dem horizontalen Boden angehörig erscheinen könnte. Loeb widerlegte jedoch die Einwendungen Preyers durch folgende Versuche. Bringt man A. gibbosa in einen geschlossenen würfelförmigen Kasten mit Glaswänden, so klettern die Tiere an den vertikalen Wänden in die Höhe. Legt man nun den Kasten so um, daß eine der vertikalen Wände, an der die Tiere haften, die basale Wand wird, so wird sie von den Tieren verlassen und diese kriechen jetzt an der Wand, welche vorher horizontal war und die sie früher verlassen hatten, empor und bleiben hier sitzen. Die Beschaffenheit der Wand war also nicht die Ursache, warum sie von den Tieren verlassen wurde. Wenn die Parasiten das Tier zwingen würden, die horizontale Wand zu verlassen, meint Loeb, so müßten sie auch das Tier zwingen, die vertikale Wand zu verlassen, weil den an der vertikalen Wand sitzenden Tieren der von dem Parasiten kommende Reiz nunmehr als von der vertikalen Wand ausgehend erscheinen müßte.

Bei Reizung einzelner Stellen der Körperoberfläche von Seesternen, Schlangensternen und Seeigeln bewegen sich nach Romanes und Ewart die Tiere in gerader Richtung vom Reiz hinweg. Werden zwei Stellen gereizt, so erfolgt die Bewegung in der Richtung der Diagonale zwischen den zwei Fluchtrichtungen. Werden mehrere Stellen gereizt, so wird die Richtung der Flucht schwankend und die Tiere zeigen die Neigung, sich um ihre senkrechte Achse zu drehen.

– Auch Seeigel zeigen eine große Lichtempfindlichkeit. (Romanes und Ewart, Sarasin, Nagel, Uexküll, vgl. Przibrams Zusammenstellung

in Bronn II. B., III. Abt., 4. Buch, S. 1193 f.) Uexküll fand die Stacheln von Centrostephanus longispinus nicht lichtempfindlich, wohl aber trat, wenn der Körper direktem Sonnenlicht ausgesetzt wurde, ungeordnete Stachelbewegung ein. Auch Beschattung erregt Bewegung der Stacheln, indem sie sich nämlich gegen den beschattenden Gegenstand richten, um nach 2—3 Minuten wieder in ihre gewöhnliche Lage zurückzukehren. Diese Stachelbewegungen dienen dazu, das Tier vor den Feinden, deren Annäherung sich durch Verdunkelung der Umgebung des Seesternes kundgibt, zu schützen; nur die von der Verdunkelung betroffenen Stacheln bewegen sich dem Feind entgegen. Daß diese Bewegung rein reflektorisch erfolgt, zeigt sich darin, daß nicht bloß Verdunkelung der Umgebung durch Feinde, sondern auch durch vorüberziehende Wolken und andere Gegenstände Stachelbewegung hervorruft. Auch sonst wurde Photopathie bei Seesternen wiederholt beobachtet. Centrostephanus z. B. sucht im diffusen Tageslicht immer die dunkelste Stelle auf und wendet dem Lichte den Analpol zu. In einem hohen Gefäß kriecht er im Dunkeln empor, im Hellen wieder hinab, er ist also photophob, lichtscheu. Spaerechinus kriecht im Hellen in die Höhe, aber stets an der vom Lichte abgewendeten Seite, er ist also auch lichtscheu, aber das Bedürfnis nach mehr Sauerstoff treibt ihn in die Höhe (Chemotropismus). Nach Romanes und Ewart suchen Echini im dunkeln Aquarium einen schmalen Lichtspalt auf, sie sind also photophil, lichtfreundlich.

Schallreize wirken nach Preyer (S. 231) nur als Erschütterungen.

Am häufigsten wurden Wirkungen nach mechanischen Reizen beobachtet. Schon das Anhaften der Füßchen ist als eine Wirkung des Berührungsreizes zu betrachten. Denn sobald die Endplatte den Gegenstand berührt, erfolgt die Zusammenziehung des zentralen Muskels und damit das Festhaften der Endplatte. Als eine Reizwirkung dieser Art lassen sich auch Vorgänge erklären, die dazu führen, daß sich manche Seesterne mit Muscheln und dergleichen bedecken. Macht man einen Versuch und legt man dem Tier eine solche Schale in den Weg, so setzt es, sobald es an der Schale angelangt ist, die Füßchen an und stellt die Schale nach einigen mißlungenen Versuchen auf die Kante und schiebt nun mit großer Geschicklichkeit unter Mithilfe der Stacheln und anderer Saugfüßchen die Schale auf den Rücken. Für die eingezogenen

Saugfüßchen wirkt also Berührung als Reiz zum Ausstrecken. Umgekehrt ist es, wenn ausgestreckte Füßchen berührt werden, hier bewirkt der Reiz eine Entleerung des Wassers in die Ampullen und damit Zurückziehung der Füßchen (Tiedemann, Preyer). Nur wenn ein Rückenreiz irradiiert, so ist nach Preyers Gesetz der ambulacralen Bewegung eine allgemeine Ausstreckung der Füßchen vom Zentrum aus die Folge, niemals eine Einziehung. Wird eine der Ampullen unmittelbar gereizt, so erfolgt Entleerung der Flüssigkeit der Ampullen in die Füßchen (Tiedemann). Romanes und Ewart haben bei Asterias beobachtet, daß der Seestern nach Rückenreizung eines Strahles mit dem benachbarten Strahl darüber hinfährt, als wenn er etwas abwischen wollte, eine Beobachtung, die jedoch Preyer anzweifelt.

Romanes und Ewart haben eine große Anzahl von Versuchen angestellt, um zu zeigen, ob die Richtung der Bewegung durch mechanische Reize beeinflußt wird. Einige Reize, z. B. Abschneiden der Stachelspitzen, Ausreißen der Pedicellen u. a. blieben ohne Wirkung; in den meisten Fällen aber trat Bewegung in der dem Reize entgegengesetzten Richtung und bei zwei Reizen in der Richtung der Diagonale ein. Halbe Seeigel und einzelne Radien, selbst noch kleinere Teile, verhalten sich wie ganze Tiere; durch Zerstörung des Nervenringes jedoch wird die Koordination aufgehoben. Nach W. W. Normann und Loeb erklärt sich die Fluchtrichtung daraus, daß die Füßchen des gereizten Armes ihre Bewegung einstellen, während die übrigen tätig bleiben und somit den Körper in der dem untätigen Arme entgegengesetzten Richtung fortziehen. Preyer bestreitet die von Romanes und Ewart beobachtete Erscheinung überhaupt.

Als eine Folge mechanischer Reizung ist wohl auch die Autotomie, die Selbstverstümmelung, bei den Seewalzen, Seesternen und Haarsternen zu betrachten. Nimmt man einen Seestern, z. B. Asterias glacialis nach Preyer, bei einem Arm in die Hand, so läßt das Tier den Arm zurück und kriecht weiter. Dieses Abbrechen tritt noch leichter ein, wenn das Seewasser über 34° C erwärmt worden ist. Auch das Aufhängen der Tiere an einem Haken unter Wasser hat nicht selten Autotomie zur Folge. Berührt man bei Luidia ciliaris eine beliebige Stelle der Rückenhaut eines der sieben Arme, so erfolgt die Ablösung des von der Reizstelle nach außen gelegenen Teiles des Armes, und zwar so schnell, daß

es ohne Werkzeug gar nicht möglich ist, den Strahl in derselben Zeit abzubrechen, und die Autotomie erfolgt bei Luidia so leicht, daß es überhaupt nur ausnahmsweise gelingt, ein großes Exemplar ohne Spuren vorhergegangener Autotomie zu finden. Aber nicht bloß mechanische und thermische, sondern auch elektrische und chemische Reize bewirken Autotomie. Auch die Ophiuriden zeigen leicht Autotomie. Geringfügige Reize, nicht allein Benetzung mit Säuren, elektrische Schläge, Stiche, Umschnürungen, sondern auch schon bloßes Anfassen hat ein rasches Abbrechen des betreffenden Armes zur Folge. Auch die Haarsterne zeigen Autotomie nach künstlicher, insbesondere elektrischer und thermischer Reizung.

Unter den Holothurien kommt die Autotomie insbesondere bei den Synaptiden vor. Manche Arten sind so empfindlich, daß nicht einmal starke Reize notwendig sind, schon bei unsanfter Berührung zerbrechen sie. Auch andere Reize, wie Berührung mit der Luft, Einsetzen in süßes Wasser, das Fehlen der gewohnten Lebensbedingungen überhaupt, führen Autotomie herbei. Der Reiz bewirkt zunächst an der Reizstelle eine immer tiefer eingreifende quere gürtelförmige Einschnürung und Durchschneidung der Körperwand Die beiden Stücke bleiben durch den unversehrten Darm noch eine Zeit lang in Verbindung. Bald aber wird dieses Darmstück brandig und reißt durch den Zug der sich hin- und herdrehenden Körperstücke auseinander. Das völlig abgetrennte Hinterstück bleibt noch 3 oder 4 Stunden bewegungsfähig und stirbt dann ab. Am Kopfstück hingegen kann sich der Vorgang der Teilung noch mehrmals wiederholen, bis zuletzt nur mehr der allervorderste Abschnitt des Tieres mit Fühler, Ringkanal und Kalkring übrig bleibt. Durchschneiden des Ringkanales nimmt jedoch dem Kopfstück die Fähigkeit zu weiterer Teilung. Nach Semon[1]) geht die Teilung sehr schnell vor sich, wenn die Synapta mit der Hand angegriffen wird. Das Kopfstück befreit sich auf diese Weise und vergräbt sich eilig im Sand. Semon schließt daraus, daß die Autotomie für diese Tiere eine Art Schutzmittel ist, durch welche sie sich unter Preisgabe ihres Hinterteiles den Feinden entziehen. Nach Baur (a. a. O.) scheint sich das Kopfstück wieder zum ganzen Tier zu vervollständigen, während das Hinterstück nach den Beobachtungen aller Forscher zugrunde geht. Auch bei anderen Seewalzen wurde Selbst-

[1]) Semon, Beiträge zur Naturgeschichte der Synaptiden des Mittelmeeres. Mitt. d. zoolog. St. Neapel. 7. 1887.

zerstückelung beobachtet, z. B. bei Cucumaria versicolor, C. planci und bei C. lactea. In allen diesen Fällen aber regenerieren sich beide Teilstücke, so daß durch die Autotomie eine ungeschlechtliche Vermehrung der Individuenzahl herbeigeführt wird.

Eine besondere Art der Autotomie, namentlich auf mechanische Reize, ist das Ausstoßen der Eingeweide bei vielen Seewalzen, z. B. bei Aspidochiroten. Anhaltende unsanfte Berührungen, Herausnehmen aus dem Wasser oder Einsetzen in Süßwasser und Weingeist, Mangel an Sauerstoff und andere Erscheinungen sind die Ursachen. Der Reiz bewirkt zunächst eine heftige Zusammenziehung des ganzen Körpers. Dadurch wird ein solcher Druck auf die inneren Organe ausgeübt, daß der Darm in der Gegend des Magens zerreißt und mit dem freien rechten Kiemenbaum zur Kloakenöffnung hinausgetrieben wird, wogegen der linke Kiemenbaum, Schlund, Kalkring, Wassergefäßsystem und die Geschlechtsorgane unversehrt in der Leibeshöhle zurückbleiben.

Starke Hautreize rufen bei Seewalzen die eigentümliche Wirkung hervor, daß sich die Haut ziemlich rasch in formlosen Schleim auflöst. Bei Stichopus naso beobachtete Semper[1]), daß das Tier, wenn es mit Nadelstichen gereizt wurde, sich anfangs hin- und herwand und sich durch diese Bewegungen aus der in Stücke zerfallenden und sich auflösenden Haut im Laufe weniger Minuten vollständig heraus schälte. Die Hautmuskulatur und die Eingeweide blieben unversehrt. Auch bei anderen Stichopusarten tritt die Auflösung sehr rasch ein, schon nach wenigen Minuten. Schon die bloße Berührung mit der Luft genügt, um die schleimige Verflüssigung der Haut herbeizuführen.

Das Bestreben vieler Stachelhäuter, namentlich der Seesterne und Seewalzen, an vertikalen Wänden emporzukriechen, erklärt Loeb (a. a. O. 43 f.) als eine Wirkung des positiven Geotropismus, da es sich nach seinen Versuchen dabei weder um einfallendes Licht, noch um Sauerstoffbedürfnis, noch um andere Lebenserscheinungen handelt. Nicht einmal Nahrungsmangel treibt sie von ihrer Lage leicht herunter, Asterias hält zwei Tage aus, Cucumaria noch länger.

Versuche mit elektrischen Reizen wurden von Frédericq angestellt.[2]) Er bemerkte bei Seesternen sofortiges Zurückziehen

---

[1]) Semper, Reisen im Archipel der Philippinen, 2. Teil, 1. B., Leipzig 1868.

[2]) Frédericq, Verhalten glatter Muskeln, 1876, 2., S. 908—910.

aller Saugfüßchen der Zone und die Muskeln der Laterne zogen sich zwar nicht plötzlich, aber sehr energisch zusammen. Uexküll[1]) fand bei monopolarer Reizung und wenn die Anode aufgelegt wurde, Hinneigung der Stacheln der Seeigel zur Elektrode; hingegen, wenn die Kathode aufgelegt wurde, ein Auseinanderfahren der Stacheln von der Elektrode hinweg. Die Kathode wirkt also wie jeder andere stärkere, die Anode wie ein schwächerer Reiz. Auch durch elektrische Reizung der Radialnerven können Stachelbewegungen hervorgerufen werden. Die Laterne neigt sich bei elektrischer Berührung der Aurikeln oder der Radialnerven der Reizstelle zu, im Gegensatz zu starken mechanischen Reizen.

Eine Erscheinung von fundamentaler Bedeutung für die Ortsbewegung ist das Zurückziehen und Ausstrecken der Füßchen bei Einwirkung verschiedener Reize. Nach Preyer genügt schon eine leise Berührung mit dem Finger oder mit einem Draht, das Einziehen der Füßchen zu bewirken, gleichviel ob sie ruhig oder in Bewegung, ob sie vollständig oder unvollständig erigiert sind. Auch die Berührung der Rückenseite eines Armes hat Zurückziehung der gerade unter der Reizstelle liegenden Füßchen zur Folge. Die Weiterleitung des Reizes erfolgt nach bestimmten Gesetzen. Bei lokaler Reizung der Bauchseite pflanzt sich der Reiz von der Reizstelle aus sowohl in zentrifugaler als auch in zentripetaler Richtung ziemlich gleichmäßig fort. Berührt man dann noch eine Stelle näher dem Ende des Armes, so pflanzt sich dieser Reiz nur zentrifugal, reizt man aber eine Stelle näher dem Zentrum, so pflanzt sich der Reiz zentripetal fort. Ist die zentripetal gerichtete Erregung stark genug, so erreicht sie den zentralen Nervenring und pflanzt sich von da aus ziemlich gleichmäßig wieder zentrifugal fort. Wird z. B. ein Arm gereizt, so tritt der Reiz, nachdem er das Zentrum erreicht hat, zuerst in die zwei benachbarten und dann erst in die zwei entfernteren Arme über. Chemische, elektrische und thermische Reize erzeugen die gleiche Wirkung, sie lösen peripherische Reflexbewegungen aus, die sich ganz von selbst und mit einer gewißen Gesetzmäßigkeit von der Reizstelle überall hin fortpflanzen. Ein durch Einschnitte von der zentralen Nervenverbindung abgetrennter, aber nicht vom Tier losgelöster Arm bewegt sich ganz unabhängig vom übrigen Körper, und schneidet man an einem Arm

[1]) Uexküll, Über Reflexe bei den Seeigeln. Zeitschrift für Biologie, B. 34, 1897, S. 289—318.

nur den radialen Nervenstrang durch, so bewegen sich die Füßchen des peripherischen Teiles unabhängig von den anderen. Ein Beweis, daß die Reizleitung schon ausschließliche Funktion der Nervensubstanz geworden ist, während sie bei den Schlauchtieren auch noch von der übrigen Körpersubstanz ausgeübt wird. Auch die vollständig abgetrennten Arme zeigen noch dieselben Reizerscheinungen wie das ganze Tier. Bei Luidia fand Preyer (S. 54), daß abgetrennte Arme viel weniger empfindlich sind als beim unverletzten Tier, ein Zeichen, daß der Radialnerv von dem Zentrum mehr abhängig ist als bei anderen Seesternen. Es zeigen sich also unter den Seesternen selbst schon Unterschiede in der funktionellen Bedeutung des Zentralorganes.

Nach Preyer ist auch das Ausstrecken der Füßchen als eine Reizwirkung zu betrachten, und zwar als Wirkung dorsaler Reizung. Legt man z. B. eine Asterias glacialis mit der Bauchseite auf eine Glasplatte, so werden infolge des Berührungsreizes schnell alle Füßchen eingezogen. Legt man sie dagegen mit dem Rücken darauf, so werden die Füßchen ausgestreckt; oder läßt man an einer beliebigen Stelle des Rückens einen Tropfen Schwefelsäure einwirken, so strecken sich alle Füßchen hervor, mit Ausnahme jener, die gerade unter der Reizstelle liegen. Dasselbe zeigt sich bei abgetrennten Armen, aber nur, wenn auch noch das dazu gehörige Stück des Zentrums mit herausgeschnitten wurde. Ist dieses verletzt oder fehlt es ganz, so ist das Ausstrecken der Füßchen beeinträchtigt oder ganz aufgehoben, ein Beweis, daß das Ausstrecken der Saugfüßchen nach örtlicher Reizung des Rückens stets ein zentraler Vorgang ist. Die Erregung durch den Rückenreiz pflanzt sich durch das subkutane Nervenfasernetz bis zum Zentrum fort und löst hier zentrifugal gerichtete Bewegungsimpulse aus. Preyer (S. 74) drückt das Gesetzmäßige der von ihm beobachteten Erscheinungen folgendermaßen aus: „Wenn am unversehrten Seestern ein lokaler, ventraler oder dorsaler Reiz nur eine lokalisierte Wirkung ausübt, so besteht diese allemal ausschließlich in einer Einziehung der Ambulacralfüßchen, niemals in einer Extension derselben. Ist der ventrale Reiz so stark, daß seine Wirkung irradiiert, dann tritt ebenfalls im Reizbezirk zunächst eine zentrifugale und zentripetale Retraktion, weiterhin aber eine Extension der Füßchen sogleich (bei Luidia) oder nach wiederholter Reizung (bei Asterias) ein. Wenn ein lokalisierter dorsaler Reiz irradiiert, so ist stets eine all-

gemeine Extension vom Zentrum aus die Folge, niemals eine Retraktion.“

Zwei weitere Arten von Reizwirkungen, nämlich die Abwehr- und die Fluchtbewegungen, werden im nächsten Abschnitt besprochen werden.

C. Entscheidung der Frage, ob den Stachelhäutern Bewußtsein zukommt.

1. Das Nervensystem.

Bei den Stachelhäutern finden wir schon ein gut ausgebildetes Nervensystem mit Endorganen zur Aufnahme des Reizes, mit einem Ringnerv als zentraler Sammelstelle für die an verschiedenen Körperstellen entstehenden einzelnen Erregungszustände und peripherischen Nerven als zu- und ableitenden Organen. Die Frage, ob ein Schluß von dem Vorhandensein eines Nervensystems auf das Vorhandensein von psychischen Erscheinungen gestattet ist, bedarf also einer sorgfältigen Erwägung.

Endorgane zur Aufnahme von Reizen kommen in drei Grundformen vor, und zwar 1. in Form von Epithelsinneszellen und diese wieder entweder einzeln in der Haut zerstreut oder vereinigt zu Sinnesplatten (Fühler der Aspido- und Dendrochiroten, der Seesterne und Schlangensterne, Füßchen und Ambulacralpapillen aller Schlauchtiere) oder zu Tastpapillen (Fühler und Haut der Synaptiden) oder pinselförmigen Gebilden (an den Tastfüßchen der Spatangiden) oder endlich zu knospenförmigen Endorganen (Fühler der Synaptiden). Eine 2. Grundform bilden die sogenannten Hörbläschen und eine 3. die Augen.

Die Sinneszellen und ihre Vereinigungen zu Endorganen sind zur Aufnahme von mechanischen und chemischen Reizen geeignet. Man hat die knospenförmigen Endorgane in den Fühlern der Synaptiden als spezifische chemische Sinnesorgane, als Geruchs- oder Geschmackssinn erklären wollen, allein die oben schon erwähnten Versuche Grabers sprechen dagegen. Denn während Holothuria tubulosa, welche derartige knospenförmige Endorgane nicht hat, gegen alle zur Untersuchung verwendeten Riechstoffe (Rosmarinöl, Rosenöl, Asa foetida) reagierte, zeigten die Fühler der Synaptiden nur gegen Rosenöl Wirkungen. Die Empfindlichkeit gegen Riechstoffe ist also gerade an den mit knospenförmigen Endorganen versehenen Fühlern der Synaptiden geringer als bei

anderen Seewalzen ohne solche Endorgane. Es ist somit kein Grund vorhanden, diese Organe als spezifische Geruchs- oder Geschmacksorgane zu erklären. Man könnte vielmehr aus Grabers Versuchen schließen, daß die Sinneszellen und Sinnesepithelien sich zur getrennten Aufnahme entweder bloß von mechanischen oder bloß von chemischen Reizen noch nicht differenziert haben und daß, weil beiderlei Reize in allen Sinnesepithelien dieselbe Wirkung, nämlich Zusammenziehung der Muskeln, auslösen, auch beiderlei Reize von *allen* Sinnesepithelien gleichmäßig aufgenommen werden.

Preyer (S. 231) schließt daraus, daß die Nahrung von Seesternen und Schlangensternen auf eine Entfernung von mehreren Zentimetern erkannt und unterschieden wird, somit eine spezifische Energie, verschieden von der der Temperatur und Druck empfindenden Nerven, da sein muß, auf das Vorhandensein von spezifischen Nerven für chemische Stoffe. Dieser Schluß ist nicht richtig. Wir haben schon früher gehört, daß einerseits solche Tiere, bei denen Aufnahmsorgane, die mit Nerven in Verbindung stehen, mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen werden konnten, wie bei den Rippenquallen, doch schon besondere Organe zur Aufnahme spezifischer Reizqualitäten vorkommen; daß anderseits bei Tieren, die schon mit Nerven in Verbindung stehende Aufnahmsorgane haben, diese nicht zur Aufnahme bloß *einer*, sondern zur Aufnahme *verschiedener* Reizqualitäten dienen, wie z. B. die Tentakeln der Hydroidpolypen. Die tatsächlich vorhandene Empfindlichkeit der Stachelhäuter für mechanische und für chemische Reize wäre für sich allein also noch kein Grund, spezifische Nerven für mechanische Reize und solche für chemische Reize anzunehmen.

Romanes schließt daraus, daß auf die Rückenseite von Seesternen gelegte Fleischstückchen unberührt bleiben, während solche, die der Bauchseite genähert werden, Bewegung zur Nahrung hin auslösen, daß auf der Bauchseite Geruchsperzeption stattfindet. Dieser Schluß ist nicht berechtigt, denn er ist zu weit. Aus dem Versuche folgt nur, daß die für Nahrungsreize empfindlichen Organe nicht auf der Rücken-, sondern auf der Bauchseite liegen und nicht, daß diese Organe *Geruchsempfindungen* vermitteln. Ebenso verhält es sich mit der Annahme Prouhos, welcher den Geruchssinn der Seesterne auf die Bauchseite hinter die Augenflecke verlegt.

Daß die sogenannten *Hörbläschen* morphologisch als nervöse Endorgane zur Aufnahme von Reizen zu betrachten sind, kann

wohl, nachdem ihre nervöse Verbindung mit den Radialnerven erwiesen ist, als feststehend betrachtet werden. Nur dürfte der Namen nicht richtig gewählt worden sein. Quatrefages[1]) und Semon[2]) glauben für Mittelmeersynaptiden trotz der Hörbläschen eine völlige Taubheit für gewöhnliche Töne feststellen zu können. Semon vermutet, daß die Hörbläschen dem Tiere jede Erschütterung des Sandes, auf dem es lebt, oder des Gefäßes, in dem es sich befindet, zur Empfindung bringt. Demnach also wären die Hörbläschen der Synaptiden wie jene der Schlauchtiere Organe zur Aufnahme von mechanischen Reizen. Aber ihre Bedeutung wird wohl eine allgemeinere sein, als Semon vermutete, indem sie nämlich nicht bloß Reize aufnehmen, die durch Erschütterungen des Sandes oder des Gefäßes, sondern auch solche, die durch Bewegungen des Wassers, durch Lageveränderungen des eigenen Körpers und dergleichen hervorgebracht werden. Wollte man die Hörbläschen wirklich als Gehörorgane auffassen, dann wäre die Tatsache unbegreiflich, daß gerade Tiefseeholothurien, wie z. B. Kolga hyalina, unter allen Holothurien am meisten solcher Hörbläschen haben, obwohl doch Schallreize, wenn sie überhaupt von der Oberfläche in so bedeutende Tiefen eindringen könnten, für das Tier keine Bedeutung hätten. Aber die Sache wird begreiflich, wenn man die Hörbläschen nicht als Gehörorgane, sondern als Organe für mechanische Reize erklärt; denn mechanische Reize, wie sie durch Bewegungen des Wassers oder der Gegenstände, an denen sie sitzen, oder des eigenen Körpers entstehen, wirken auf Tiefseeholothurien ebenso gut ein, wie auf Holothurien an der Oberfläche; da aber in der Tiefe derartige mechanische Reize wegen des größeren Wasserdruckes schwächer sind, findet gerade die größere Anzahl der Hörbläschen bei Tiefseeholothurien ihre Berechtigung, weil sie eine bessere Ausnutzung der schwächeren Reize ermöglicht. Sind die Sinnesepithelien Organe zur Aufnahme von mechanischen Reizen, die bei direkter Berührung entstehen, so dienen die Hörbläschen auch zur Aufnahme solcher mechanischer Reize, die auf das Tier nicht direkt, sondern durch das Mittel des Wassers einwirken, sowie auch solcher, die durch Lageveränderungen des Körpers verursacht werden.

---

[1]) Quatrefages, Mémoire sur la Synapte de Duvernoy. Ann. des scienc. nat. 2. Sér. Zoolog. T. 17. 1842.

[2]) Semon, Beiträge zur Naturgeschichte der Synaptiden des Mittelmeeres. Mitt. d. zoolog. St. z. Neapel B. 7, 1887.

Daß auch die Sphäridien der Seesterne als statische Organe gedeutet werden, haben wir schon oben gehört, eine Deutung, die zufolge der Ähnlichkeit mit den sogenannten Gehörbläschen der Seewalzen mehr Wahrscheinlichkeit hat als die anderen Deutungen des Organes.

Als Augen werden die Augenflecken mancher Synaptiden und die sogenannten Augen der Seesterne gedeutet. Über die wahre Bedeutung der ersteren fehlen jedoch ausreichende Versuche. Zwar wurden einige Versuche über die Empfindlichkeit der Synaptiden gegen Lichtreize gemacht, aber gerade mit solchen Arten, die keine Augenflecken haben. Semon fand, daß jede Rückwirkung gegen Lichtreize fehlt. Die Tiere verhalten sich in Hell und Dunkel, bei Tag und Nacht ganz in gleicher Weise, nicht einmal plötzliche Beleuchtung oder Beschattung üben da eine Wirkung aus. Nach Quatrefages (S. 210) jedoch reagiert Synapta inhaerens auf eine plötzliche starke Belichtung mit Bewegungen des Körpers und der Fühler, besonders wenn das Licht die Fühler direkt trifft. Versuche mit Synaptiden, die den Augenfleck haben, fehlen, die Bedeutung dieser Organe ist also ganz unbekannt. Auch über die Bedeutung der Augen bei den Seesternen läßt sich nach dem dermaligen Stande unserer Kenntnisse kein endgültiges Urteil aufstellen; denn einerseits ist der Bau dieser Organe noch nicht hinreichend bekannt, anderseits fehlt es noch an abschließenden Versuchen. Soweit der Bau der Organe bekannt ist, läßt sich nicht annehmen, daß sie zur Wahrnehmung von Gestalten dienen, und soweit Versuche über die Bedeutung der Augen angestellt worden sind, zeigt sich, daß sie zur Vermittlung von Farbenqualitäten nicht geeignet sind. Das einzige, was sich nach den Versuchen, die Romanes und Preyer mit geblendeten Asterias rubens angestellt haben, mit Sicherheit behaupten läßt, ist das, daß die Seesterne gegen Lichtreize reagieren und daß diese Lichtreize von den Augen aufgenommen werden. Diese sind also Lichtorgane, aber keine Sehorgane.

Das Nervensystem besteht aus einem peripherischen und einem zentralen Teil. Gewöhnlich werden die Radialnerven zum zentralen Teil gerechnet ebenso wie der Ringnerv, aber der Verrichtung nach steht letzterer höher. Das zeigt sich in vielen Lebenserscheinungen der Tiere, z. B. darin, daß bei der Autotomie der Synaptiden nur das den Ringnerv enthaltende Stück die Fähigkeit hat, sich weiter zu teilen, diese Fähigkeit aber sofort verloren geht, wenn der Ring-

nerv zerschnitten wird. Das zeigt sich ferner darin, daß, wenn beim Seestern durch einen Einschnitt die Nervenverbindung eines Armes mit dem Ringnerv durchbrochen wird, der dadurch physiologisch isolierte Arm selbständige, mit denen der übrigen Arme nicht übereinstimmende Bewegungen macht und daß endlich alle koordinierten Bewegungen überhaupt aufhören, wenn man bei den Schlangensternen mit einer Nadel die fünf Ecken des zentralen Nervenfünfeckes durchsticht und also die Verbindung sämtlicher Arme mit dem Zentrum aufhebt. Der Ringnerv ist somit eine Sammelstelle für die vielen, an verschiedenen Stellen des Körpers entstehenden einzelnen Erregungszustände und hat die Aufgabe, aus den vielen zum Teile einander entgegenwirkenden oder für sich allein wegen ihrer geringen Stärke unwirksam bleibenden Reizen als Resultante einen Gesamterregungszustand herzustellen. Dieser pflanzt sich dann durch die peripherischen Nerven zentrifugal zum Muskel fort und löst Bewegung aus.

Die Aufnahmsorgane beginnen ihre Tätigkeit, sobald im augenblicklichen Verhalten des sie umgebenden Mediums Veränderungen in bezug auf Temperatur, Salzgehalt, Beleuchtung, Gleichgewichtszustand usw. eintreten, die stark genug sind, um als Reiz zu wirken. Diese Reize versetzen die Aufnahmsorgane vermöge der ihnen von Natur aus zukommenden Reizbarkeit in den Erregungszustand, ohne daß dabei die Mitwirkung von Bewußtsein notwendig oder das Bewußtwerden des Erregungszustandes von Vorteil wäre; denn der Erregungszustand geht durch die nervösen Leitungsorgane auf den Muskel über und löst nach rein mechanischen und chemischen Gesetzen ganz von selbst die Kontraktion des Muskels und damit die nötige Bewegung aus, ohne daß das Bewußtwerden des Reizes als Empfindung, Gefühl oder Streben an dem rein mechanischen Ablauf der Erscheinung etwas ändern könnte. Die Annahme, daß die Tätigkeit der Aufnahmsorgane mit Bewußtsein verbunden ist, wäre somit zwecklos. Wir haben demnach kein Recht, zu behaupten, daß den Stachelhäutern Tast-, Geruchs-, Geschmacks-, Gehörs- und Gesichtsempfindungen derselben Art, wie wir sie haben, zukommen und dürfen also auch jene Organe nicht als Tast-, Geruchs-, Geschmacks-, Gehörs- und Gesichtsorgane bezeichnen. Der Wirkung nach sind sie lokomotorische, Bewegung auslösende, dem Reize nach sind sie entweder chemische, mechanische oder photische Organe.

Der Erregungszustand pflanzt sich durch die peripherischen Nerven in zentripetaler Richtung zum Zentralorgan und von da zentrifugal zum Bewegungsapparat fort. Das geschieht nach rein chemischen und mechanischen Gesetzen zufolge der den Nerv von Natur aus zukommenden Leitungsfähigkeit. Zum Zustandekommen der Leitung und der Übertragung des Erregungszustandes ist somit die Annahme eines Bewußtseins nicht notwendig. Diese Vorgänge erfolgen unbewußt ebensogut, geradeso wie ja auch bei uns selbst der Erregungszustand und die Leitung bis zum Zentralorgan und bei Reflexen auch die Übertragung im Zentrum und die zentrifugale Leitung unbewußt bleibt. Auch der histologische Bau des Nervensystems gibt der Annahme eines Bewußtseins keine Berechtigung. Sowohl die peripherischen als auch der zentrale Teil zeigen entsprechend der gleichen Aufgabe, nämlich als Leitungsorgane zu dienen, auch denselben Bau aus Nervenzellen und Nervenfasern. Wir haben somit, soweit der histologische Bau des Organs in Betracht kommt, kein Recht, dem Zentralorgan eine andere Tätigkeit als dem peripherischen Teil, etwa neben der Leitung auch noch die Vermittlung von Bewußtsein, zuzuschreiben. Wir sehen somit, daß weder die Verrichtung noch der Bau des Nervensystems uns berechtigt, den Stachelhäutern Bewußtsein zuzusprechen. Ob nicht aber trotzdem die Lebenserscheinungen, namentlich die Erscheinungen des Energiewechsels, derartige sind, daß sie uns zur Annahme von Bewußtsein veranlassen, wird sich erst zeigen, bis wir jene Erscheinungen einer eingehenden Beurteilung unterzogen haben werden. Hier handelt es sich nur darum, zu untersuchen, ob der Bau und die Verrichtung des Nervensystems den Schluß auf das Vorhandensein von Bewußtseinserscheinungen derselben Art wie bei uns gestatten oder nicht; und wir haben gesehen, daß dieser Schluß nicht gestattet ist.

2. *Die Lebenserscheinungen.*

a) Die Erscheinungen des Stoffwechsels.

Die Aufnahme der Nahrung geschieht bei den Haarsternen durch die Flimmerrinne. Die Bewegung der Wimpern erfolgt gleichmäßig und sie ist generell zweckmäßig, denn mit dem durch sie erzeugten Wasserstrom wird dem Munde auch die Nahrung zugeführt; allerdings mit den verdaulichen Stoffen auch unverdauliche

Schalen von Diatomeen, Krustern und anderen Tieren. Diese üben nun im Innern des Verdauungsrohres durch ihren Druck einen Reiz aus, der genau so wie ein äußerer Reiz bewirkt, daß die Arme sich gegen das Afterrohr krümmen; dadurch erleidet der Körper einen Druck, der stark genug ist, die unverdaulichen Stoffe hinauszupressen. Der ganze Vorgang erfolgt gleichmäßig im Ablauf und ist generell zweckmäßig, kann also ebenso wie die Aufnahme der Nahrung als eine unbewußte, rein reflektorische Reizwirkung betrachtet werden.

Auch die Art und Weise, wie die Seeigel die Nahrung aufnehmen, macht nicht den Eindruck bewußten Handelns. Die Herzigel füllen ihren Magen ununterbrochen mit Sand, wobei natürlich auch dem Sand beigemischte organische Bestandteile und mikroskopische Tiere in den Magen kommen. Eine Auswahl der Nahrung findet also nicht statt und das ununterbrochene gleichmäßige Aufnehmen des Sandes erfolgt rhythmisch und ist generell zweckmäßig, also eine unbewußte automatische Bewegung. Auch bei jenen, die sich wie Amphidotus ganz eingraben und ein Büschel langer, wurmförmiger Saugfüßchen als Saugwerkzeuge ausstrecken, findet keine Auswahl statt; denn die Fangfüßchen ergreifen ebensogut organische Bestandteile wie Sandkörnchen. Die Krümmung der Saugfüßchen nach dem Ergreifen der Beute ist eine durch die Berührung des Beutestückes mit dem Sinnesepithel der Saugfüßchen ausgelöste Reizwirkung und ebenso ist auch die Weiterbewegung der Nahrungskörper längs des Rückens bis zum Munde mit Hilfe der Wimpern eine unbewußte, rein reflektorische Reizwirkung. Die Beobachtung, die Dohrn an Toxopneustes brevispinus mit dem Ergreifen und Verzehren des Heuschreckenkrebses machte, erweckt gleichfalls nicht den Eindruck eines bewußten Vorganges. Denn daß die Saugfüßchen des kriechenden Seeigels sich manchmal auch an den Körper eines Krebses ansetzen, ist rein Sache des Zufalls und nicht bewußter Auswahl. Wenn nun der Krebs Anstrengungen macht, um zu entfliehen, so wirken seine Bewegungen als sich wiederholende andauernde Reize, infolge deren sich von allen Seiten die Füßchen zum Krebs heranbiegen und ihn erfassen, geradeso wie die Drüsenhaare der Drosera sich über das zuerst nur von dem klebrigen Safte eines einzigen Haares festgehaltene kleine Insekt biegen. Die andauernden Bewegungen des Krebses wirken als weitere Reize, welche die Bewegung immer weiterer Saugfüßchen auslösen, wodurch der Krebs endlich auch in den Bereich der den Mund umgebenden Füßchen

gebracht und von diesen dem Munde zugeführt wird. Der ganze Vorgang ist erklärbar als Folge einer Reihe unbewußter Reizwirkungen, die Annahme von Bewußtsein ist also zur Erklärung nicht notwendig. Bei jenen Stachelhäutern, welche den Meeresboden abweiden und auf Steinen und Wasserpflanzen lebende Tiere ergreifen, ist der Vorgang noch nicht genauer beobachtet worden, aber wie bei Toxopneustes wird wohl auch hier die Bewegung der mit den Saugfüßchen in Berührung geratenen Nahrungstierchen den Reiz abgeben, der den Seeigel veranlaßt, das Tierchen zu ergreifen. Eine bewußte Auswahl findet also wohl hier ebensowenig statt wie bei Toxopneustes und den übrigen Seeigeln.

Für die Aufnahme der Nahrung bei den Seesternen ist die Empfindlichkeit der Saugfüßchen von größter Bedeutung. Nach Preyer ist, wie wir gehört haben, das Ausstrecken und damit auch das Ansaugen der Füßchen eine Folge von hinreichend starken Berührungsreizen. Wenn sich nun der berührte Gegenstand auch noch bewegt, wie es ja beim Beutetier zumeist der Fall ist, so wird der Reiz um so stärker sein und sich leicht nicht bloß zentrifugal, sondern auch zentripetal bis zum Munde fortpflanzen. Größere Beutetiere, wie z. B. Muscheln, werden wegen der größeren Berührungsfläche auch dann einen hinreichend starken Reiz ausüben, wenn sie ihre Schalen geschlossen haben und sich also nicht bewegen. Infolge der ersten Berührung heften sich zunächst nur die berührten Füßchen an, aber infolge der zentripetalen Weiterleitung des Reizes tun dies nacheinander auch die gegen den Mund gelegenen Füßchen, ziehen das Tier an sich und befördern es allmählich bis zum Mund. Der ganze Vorgang, durch den die Beute mit Hilfe der Saugfüßchen von der Stelle des Ergreifens bis zum Mund befördert wird, besteht also aus einer Reihe von Reizwirkungen rein reflektorischer Art und kann deshalb als unbewußt betrachtet werden. Daß nicht alle Gegenstände, wie z. B. Steinchen, gröbere Sandkörner usw., ergriffen werden, findet seine Erklärung darin, daß diese Gegenstände, weil sie sich nicht bewegen und weil sie auch nicht groß genug sind, keine so starken Reize erzeugen, wie sie zur Auslösung der Greifbewegungen notwendig sind. Eine bewußte Auswahl der Nahrung anzunehmen, ist also nicht notwendig. Ist das Beutetier beim Munde angelangt, so werden infolge der Berührung mit dem empfindlichen Mundepithel kräftige Reizwirkungen, wie die Erweiterung der Mundöffnung, Ausstülpung des Verdauungsrohres, Ausscheidung von Drüsen-

stoffen usw., ausgelöst. Der starke Reiz und die Empfindlichkeit der berührten Körperstellen genügen, solche starke Reizwirkungen zu erklären. Eine bewußte Absicht dafür anzunehmen ist nicht notwendig.

Am ehesten noch könnte die Beobachtung, die Schiemenz bei der Nahrungsaufnahme der Asterias glacialis gemacht hat, den Anschein erwecken, daß dabei Bewußtsein mitwirkt. Daß sich die Saugfüßchen beiderseits an die Schalen anheften, ist als reflektorische Reizwirkung erklärbar, ebenso daß die Schalen auseinandergezogen werden, weil sich ja die Füßchen mit dem Ansaugen zugleich rein reflektorisch zurückziehen. Aber daß das Tier die Schale so dreht, daß der Schalenrand dem Munde zugekehrt ist, das macht den Eindruck individueller Zweckmäßigkeit und deshalb des Mitwirkens von Bewußtsein. Nach einer brieflichen Mitteilung des Herrn Schiemenz hat er den Vorgang unzähligemal beobachtet und die Seesterne brachten die Muscheln, ohne erst lange hin und her zu versuchen, in kurzer Zeit in die geeignete Lage, so daß Schiemenz diese Lage nicht als einen Zufall, sondern als ein Ergebnis des Willens ansieht. Dieser Beobachtung zufolge scheint bei dem Vorgang tatsächlich Bewußtsein mitzuwirken. Etwa in folgender Art: Der Berührungsreiz der Füßchen mit den Schalen der Muschel und der Widerstand der beiden geschlossenen Schalen löst in dem der Berührungsstelle zunächst gelegenen Teil des peripherischen Armnerven eine große Anzahl der Berührung der einzelnen Füßchen entsprechender Erregungszustände aus. Diese übertragen sich einerseits direkt auf die Muskeln und lösen als peripherische Reflexwirkungen die Anheftungsbewegungen aus, anderseits pflanzen sie sich, wie Preyer nachgewiesen hat, auch zentripetal bis zum zentralen Ringnerv fort und vereinigen sich hier zu einem einheitlichen zentralen Erregungszustand. Dieser pflanzt sich zentrifugal fort und löst, wenn er stark genug ist, als zentrale Reflexwirkung abermals Bewegungen aus, die aber keinen andern Zweck haben als den, jene durch direkte peripherische Reflexe ausgelösten Bewegungen zu unterstützen. Führen diese Bewegungen zum Ziel, so ist damit der Vorgang beendet. Führen die Bewegungen aber nicht zum Ziel, so werden die Füßchen an andere Stellen der Muscheln angesetzt; dadurch entstehen neue Erregungszustände, von denen endlich doch einer zum Ziele führt. Von diesen Erregungszuständen, die zusammen eine ununterbrochene Reihe bilden, sind zwar die ersten und mittleren etwas verschieden,

weil die Zahl der in Tätigkeit versetzten Füßchen und der Ort der Schale, an dem sich die Füßchen anheften, nicht immer derselbe ist; der letzte Erregungszustand aber wird in allen Fällen, so oft sich der Vorgang wiederholt, doch nahezu derselbe sein. Das zeigt sich darin, daß er jedesmal denselben günstigen Erfolg hat. Dieser Schluß von der Gleichartigkeit des Erfolges auf die Gleichartigkeit des Erregungszustandes ist allerdings ein Schluß von der Wirkung auf die Ursache, der aber hier erlaubt ist, weil die Wirkung nur einer Ursache, nur einer Reizqualität, nämlich den Berührungsreizen entspringt. Es entstehen somit, so oft sich auch der Vorgang wiederholt, Reihen von Erregungszuständen, die das eigentümliche haben, daß ihre Anfangs- und Mittelglieder zwar verschieden, ihre Endglieder aber gleich sind, also Reihen von der Form:

$$a_1 \; b_1 \; c_1 \; \ldots\ldots \; z$$
$$a_2 \; b_2 \; c_2 \; \ldots\ldots \; z$$
$$a_3 \; b_3 \; c_3 \; \ldots\ldots \; z$$

usw. Auch sind die Endglieder dadurch ausgezeichnet, daß sie einen günstigen Erfolg haben. Und wenn wir nun annehmen, daß die den einzelnen Bewegungen entsprechenden Erregungszustände bewußt werden, ist die Möglichkeit vorhanden, daß sich das Bewußtsein der Anfangs- und Mittelglieder mit dem des Endgliedes verbindet und daß, so oft eines der Anfangs- und Mittelglieder wiederkehrt, auch das Endglied wieder entsteht. Es ist also nicht mehr notwendig, daß das Tier erst lange hin und her versucht, sondern das Bewußtsein, das mit dem ersten Anheften der Saugfüßchen verbunden ist, löst sofort die Erinnerung an die Bewegung aus, die notwendig ist, um die Schale zu öffnen. Der Zweck wird somit auf kürzestem Wege erreicht. Da aber das Öffnen der Schale doch nicht jedesmal ganz genau in derselben Weise erfolgt, indem nicht nur der Winkel, sondern auch die Richtung der Drehung nach rechts oder links in verschiedenen Fällen verschieden sein kann, ist die Bewegung im Ablauf nicht monoton, sondern den jedesmaligen Verhältnissen angepaßt, also individuell zweckmäßig; und da solche Bewegungen, deren Ablauf nach den jedesmaligen Verhältnissen wechselt und die individuell zweckmäßig sind, auch bei uns selbst mit Bewußtheit ausgeführt werden, ist die Annahme des Bewußtwerdens jener Erregungszustände zufolge eines Analogieschlusses vom Menschen auf das Tier gestattet. Das jedesmalige Bewußtwerden der ganzen Reihe von Erregungszuständen könnte keinen andern Erfolg haben,

als diese Erregungszustände zu verstärken und die Bewegung auszulösen. Das wäre ja an und für sich auch schon von Vorteil, würde aber nicht dazu führen, die Bewegung auf kürzestem Wege auszulösen. Dieses Ziel wird jedoch erreicht, wenn nicht die ganze Reihe von Erregungszuständen bewußt wird, sondern mit dem Bewußtwerden des ersten Erregungszustandes unmittelbar das des letzten verbunden ist, also durch eine Leistung des Gedächtnisses primitivster Art. Welcher Natur die beiden assoziativ verbundenen Bewußtseinszustände sind, ergibt sich aus folgender Erwägung.

Da es sich hier um die Auslösung von zweckmäßigen Bewegungen handelt, solche Bewegungen aber am sichersten und schnellsten von bewußten Bewegungsantrieben ausgelöst werden, so wird der in Rede stehende Zweck am einfachsten erreicht, wenn der betreffende Erregungszustand als Bewegungsantrieb, somit als primäre Begehrung bewußt wird.

Wir haben schon früher, als wir den Kriechbewegungen der Polypen bewußtes Streben als Ursache zuschrieben, erwähnt, daß das Eingreifen von Bewußtsein nicht als ein unverständliches Wunder erscheinen darf, sondern als etwas Natürliches betrachtet werden muß. Und das ist der Fall, wenn es keinen andern Zweck hat als jede andere Lebenserscheinung, nämlich der Erhaltung des Individuums zu dienen. Und es ist hier tatsächlich so, denn wenn die Schalen unter der Mitwirkung des Bewußtseins ohne lange Versuche auf kürzestem Wege geöffnet werden, so gewinnt das Tier eben den Vorteil, daß die Nahrungsaufnahme schneller und sicherer erfolgt als ohne Bewußtsein. Vergleichen wir die Erklärung der in Frage stehenden Erscheinung mit Zuhilfenahme von Bewußtsein mit der Erklärung ohne Zuhilfenahme von Bewußtsein, so sehen wir, daß jene mehr geeignet ist, die Erscheinung vollständig zu erklären, denn das bloß mechanische Zustandekommen der Bewegung gibt keine Sicherheit für das jedesmalige Gelingen, da es ja möglich ist, daß die Schale hin und her gedreht wird und doch nicht in die zur Nahrungsaufnahme günstige Lage kommt, während das Hinzutreten von Bewußtsein den Erfolg sichert. Das Eingreifen von Bewußtsein erweist sich also als ein wirksames Mittel im Kampfe ums Dasein und wird dadurch nur noch begreiflicher.

Die Frage, in welchem Teile des Nervensystems das Bewußtsein ausgelöst wird, beantwortet sich nach unserer Erklärung für

das Zustandekommen dieses Bewußtseins von selbst. Die vielen in den einzelnen Saugfüßchen infolge der Berührung mit der Muschelschale entstehenden peripherischen Erregungszustände werden zentripetal bis zum Ringnerv geleitet und hier zum einheitlichen zentralen Erregungszustand vereinigt. Dieser wird als Bewegungsantrieb bewußt. Dieser Bewegungsantrieb wird aber nicht unmittelbar nach außen wirksam, sondern reproduziert gedächtnismäßig den früher schon oftmals am Schlusse einer ganzen Bewegungsreihe stehenden Bewegungsantrieb samt dem betreffenden Erregungszustand, und dieser letztere pflanzt sich nun zentrifugal fort und löst die zweckentsprechenden Bewegungen aus. Es sind also die zentralen Erregungszustände, die bewußt werden. Das Zentralorgan des Nervensystems ist somit nicht bloß Leitungs- und Sammelorgan, sondern auch Organ des Bewußtseins. Mit der letzteren Verrichtung übernimmt es aber nicht etwa eine neue wunderbare Leistung, für die vielleicht gar besondere, uns unbekannte und unerkennbare Einrichtungen des Nervensystems und des ganzen Körpers notwendig sind, sondern irgendein Erregungszustand löst einerseits seine physische Wirkung auf rein physiologischem Wege aus, anderseits aber wird derselbe Erregungszustand, also derselbe chemisch-molekulare Zustand des Nerven, als Bewegungsantrieb bewußt. Besondere nervöse Organe für dieses Bewußtwerden des Bewegungsantriebes anzunehmen, ist nicht notwendig.

Die Schlangensterne ergreifen die Nahrung mit ihren Armen. Sobald ein Beutetier den Arm berührt, verursachen die Berührungsreize die Krümmung des Armes und somit die Greifbewegung. Sind die Reize hinreichend stark oder dauern sie lange genug, was besonders der Fall ist, wenn das Beutetier zu entkommen sucht und Fluchtbewegungen macht, so krümmen sich die Strahlen immer weiter und bringen die Nahrung endlich bis zum Munde. Der ganze Vorgang macht den Eindruck von Reflexwirkungen, zu deren Erklärung die Annahme von Bewußtsein nicht notwendig ist.

Bei den Holothurien sind die Fühler die Hilfsorgane der Nahrungsaufnahme. Der ganze Vorgang, wie wir ihn oben kennen gelernt haben, macht mit seiner rhythmischen Aufeinanderfolge der einzelnen Bewegungen und der generellen Zweckmäßigkeit (Herbeiführung der Nahrung) vollständig den Eindruck automatischer Bewegungen, zu deren Erklärung die Annahme von Bewußtsein nicht notwendig ist. Eine bewußte Auswahl der Nahrung findet ebenfalls

nicht statt, denn die Tiere verschlingen ja mit dem Sande und Schlamme nicht bloß verdauliche, sondern auch unverdauliche Stoffe.

Beobachtungen über die Ausscheidung der unverdaulichen Stoffe liegen nur für die Crinoiden vor und die haben wir bereits besprochen und als unbewußte Vorgänge erklärt.

Somit sehen wir, daß sich die Erscheinungen des Stoffwechsels, namentlich die bei der Aufnahme der Nahrung, ungezwungen teils als Reflexe, teils als automatische Bewegungen erklären lassen. Nur bei der Nahrungsaufnahme der Asterias glacialis nach der Beobachtung von Schiemenz wirkt möglicherweise Bewußtsein mit, und zwar als primärer Bewegungsantrieb und primitives Gedächtnis.

b) Die Erscheinungen des Formwechsels.

Wie bei den Schlauchtieren unterscheiden sich auch hier die einzelnen Individuen derselben Art nur wenig voneinander, hingegen ist die Zahl der verschiedenen Arten eine ziemlich große. Die Anpassung ist also vorwaltend eine generelle. Da diese Art der Anpassung nur ganz allmählich im Laufe vieler Generationen vor sich geht und sich also der Beobachtung ganz entzieht, ist ein Urteil, ob bei ihr Bewußtseinserscheinungen mitgewirkt haben, nicht möglich. Von den Erscheinungen der ontogenetischen Entwicklungsreihe können wir, wie bei den früheren Tierstämmen, so auch hier die Erscheinungen des Wachstums als unbewußt erklären, weil diese Erscheinungen ja auch bei uns ohne Bewußtsein stattfinden. Auch die Art der Befruchtung, bei der die Eier entweder außerhalb des Mutterleibes oder noch im Ovarium ohne individuelle Begattung mit dem Samen in Berührung kommen, können als unbewußte Erscheinungen betrachtet werden. Die Mitwirkung einer bewußten Absicht des Tieres für das Zusammentreffen der Geschlechtserzeugnisse ist ganz ausgeschlossen. Denn eine solche Absicht könnte ja auf die einmal von dem Entstehungsorte losgelösten und in das Freie oder in das Ovarium gelangten Geschlechtsstoffe nicht mehr einwirken. Das von Kowalevski beobachtete Aussäen des Samens kann nicht auf bewußter Absicht beruhen, denn wir müßten dem Tiere die Erkenntnis zusprechen, daß der Samen, wenn er ausgesät wird, eine größere Wahrscheinlichkeit hat, mit dem Ei in Berührung zu kommen, als wenn er in einem dichten Klumpen beisammen bleibt, und das Tier müßte infolge dieser Erkenntnis den Entschluß fassen, den Samen auszustreuen. Derartige Seelentätigkeit schon

Tieren zuzusprechen, die noch auf der niedersten Stufe des Seelenlebens stehen, finden wir auf Grund der ziemlich unvollständigen Beschreibung, die Kowalevski von dem Vorgange gegeben hat, doch nicht berechtigt. Es bleibt uns somit nichts übrig, als eine Bestätigung und Ergänzung der Beobachtung abzuwarten, ehe wir ein endgültiges Urteil darüber abgeben. Bei Asterias gibbosa hat Ludwig eine Art Begattung beobachtet. Zwei oder drei Männchen drängen sich an das Weibchen heran und schieben ihre Arme dicht unter die des letzteren, so daß der austretende Samen seinen Weg vorwiegend an der Unterseite des Weibchens und damit an die dort austretenden Eier nehmen muß. Das Herandrängen der Männchen an das Weibchen ist als Reizwirkung vollkommen erklärbar. Der Reiz kann, da er in die Ferne wirkt, nur ein chemischer sein und wohl nur von den Geschlechtsstoffen ausgehen. Dieser Reiz wirkt positiv chemotropisch und löst nicht nur das Herankriechen der Männchen, sondern wahrscheinlich auch die Entleerung der männlichen Geschlechtsstoffe aus. Eine Mitwirkung von Bewußtsein anzunehmen, ist bei dieser Art der Begattung nicht notwendig.

Die vielen Fälle von Brutpflege, die beobachtet wurden, lassen sich in zwei Gruppen bringen; erstens, die Eier entwickeln sich innerhalb des Körpers, in der Leibeshöhle, im Vordergrunde des Mundes oder in einem Brutsack; zweitens, die Eier entwickeln sich an der Außenfläche des Körpers. Wie die Eier in jenen Innenraum gelangen, ist noch nicht aufgeklärt, entzieht sich also unserer Beurteilung. Da beim Menschen die Wanderung des Eies in den Uterus sich dem Bewußtsein vollständig entzieht, dürfen wir per analogiam schließen, daß auch die Wanderungen des Eies bei den Stachelhäutern unbewußt sein werden. Wenn sich die Eier an der Außenfläche des Tieres entwickeln, so werden sie entweder auf dem Rücken des Tieres festgehalten, wie bei Cucumaria und Psolus, oder sie entwickeln sich in einem von den Armen oder von Kalkstäbchen oder endlich von den Stacheln gebildeten Brutraum. Wie die Eier auf den Rücken gelangen und wie sie dort festgehalten werden, ist nicht genauer beobachtet und beschrieben worden, entzieht sich also unserer Beurteilung. Das Festgehaltenwerden dürfte wohl eine Wirkung der von den weiblichen Geschlechtsstoffen ausgehenden chemischen Reize sein. Das Verweilen der Eier in den von Kalkstäbchen gebildeten Bruträumen bei Leptychogaster und insbesondere bei Hymenaster, bei dem der Brutraum nach außen völlig abge-

schlossen ist, bedarf keiner Erklärung, da ja die Eier eben durch die Begrenzung des Brutraumes gehindert werden, sich von dem Muttertiere zu entfernen. Es ist also nicht gestattet, von einem aktiven Brüten zu sprechen und somit auch nicht notwendig, dieses passive Festgehaltenwerden der Eier als eine Wirkung bewußter Absicht des Muttertieres zu erklären.

Am ehesten noch unter allen diesen Erscheinungen der sogenannten Brutpflege könnte die Beobachtung, daß bei Echinogaster und Asteracanthion der Brutraum von den Armen des Tieres und bei Seesternen von den Stacheln gebildet wird, den Eindruck der Absichtlichkeit hervorrufen. Aber das Krümmen der Arme bei Entleerungen haben wir schon bei Crinoiden als eine Reizwirkung kennen gelernt, ebenso die Bewegung der Stacheln bei den Seesternen; es wird also wohl auch hier so sein, daß die bevorstehende Entleerung der weiblichen Geschlechtsstoffe einen inneren Reiz erzeugt, der die Krümmung der Arme und Stacheln auslöst. Durch die Krümmung der Arme wird ein Druck auf den Körper ausgeübt, welcher die Entleerung erleichtert. Daß nun die Arme und die Stacheln nach der Entleerung nicht wieder in ihre frühere Stellung zurückgehen, sondern gekrümmt bleiben, kann nur als eine andauernde Wirkung der von den Geschlechtsstoffen ausgehenden chemischen Reize erklärt werden. Die generelle Zweckmäßigkeit, die der Erscheinung zukommt, gibt ihr den Charakter einer unbewußt erfolgenden Reflexbewegung. Solange nicht genauere und vollständigere Beobachtungen über den ganzen Vorgang vom Anfang bis zum Ende vorliegen, müssen wir uns mit dieser Erklärung begnügen. Die annehmbare Vermutung Przibrams, daß die Entwicklung der Larven einiger Seesterne und Seeigel in den erwähnten sogenannten Bruträumen eine Anpassungserscheinung an den Aufenthalt in kälterem Wasser, somit eine unbewußte Erscheinung sein dürfte, haben wir schon oben erwähnt.

c) Die Erscheinungen des Energiewechsels.

α) **Anscheinend spontane Bewegungen.**

Die amöboiden Bewegungen der Wander- und Drüsenzellen, das Ausstrecken und Wiedereinziehen ihrer Pseudopodien können wir ebenso wie die entsprechenden Bewegungen der Amöben als unbewußt erklären. Denn diese Bewegungen sind monoton im Ablaufe und generell zweckmäßig, sie haben also den Charakter von Reflexbewegungen. Wollte man trotzdem annehmen,

daß die Bewegungen dieser Zellen bewußte Willenshandlungen sind, so müßte man entweder annehmen, daß die Bewegungen jeder einzelnen Zelle von einem dem ganzen Tiere zukommenden Gesamtbewußtsein geregelt werden oder daß jede einzelne Zelle ein selbständiges Bewußtsein hat. Im ersten Falle müßte man, da die Wanderzellen ihren Ort im Körper wechseln, annehmen, daß das Tier eine Kenntnis von der räumlichen Lage jeder einzelnen Wanderzelle hat, weil es ja sonst nicht auf eben diese Zelle einwirken könnte. Im zweiten Falle müßte man so viele einzelne voneinander unabhängige Seelen annehmen als amöboide Zellen vorhanden sind und trotz dieser Unabhängigkeit müßte das Zusammenwirken aller dieser Seelen ein für das Tier zweckmäßiges sein. Wie das eben bei jener Unabhängigkeit der einzelnen Seelen erreicht werden soll, ist nicht einzusehen. Also liegt überhaupt kein Grund vor, den amöboiden Bewegungen der Stachelhäuter Bewußtsein zuzusprechen.

Die Wimperbewegungen bei den Stachelhäutern sind ganz derselben Art wie die bei den früheren Tierstämmen schon besprochenen Wimper- und Geißelbewegungen. Ihr Ablauf erfolgt gleichmäßig immer in derselben Weise und sie sind generell zweckmäßig; sie dienen entweder der Ortsbewegung, wie bei den Larven und den Samenfäden, oder der Nahrungszufuhr, wie bei den Flimmerrinnen der Crinoiden, oder der Verbreitung der Nahrung im Körper, wie bei dem Flimmerepithel des Darmrohres, oder endlich der Atmung, wie beim Wimperorgan der Synaptiden. Wegen des monotonen Ablaufes und der generellen Zweckmäßigkeit müssen diese Bewegungen als Reflexe und deshalb als unbewußte Erscheinungen betrachtet werden.

Die wichtigste und am häufigsten vorkommende Art ist die Kontraktionsbewegung. Die verschiedenen Bewegungen bei der Aufnahme der Nahrung haben wir schon besprochen. Die Ortsbewegung erfolgt bei den Crinoiden durch abwechselndes Heben und Senken, Beugen und Ausstrecken der Arme. Diese Bewegungen erfolgen wie von selbst und machen wegen ihres rhythmischen Ablaufes und ihrer generellen Zweckmäßigkeit ganz den Eindruck automatischer Bewegungen, zu deren Erklärung also die Annahme von Bewußtsein nicht notwendig ist. Das Kriechen auf horizontalen Flächen mit dem abwechselnden Vorschieben der Arme kann als eine Reflexbewegung betrachtet werden, welche durch die Berührung

der Arme mit dem Boden hervorgerufen wird. Zur Erklärung für das Loslassen von den Gegenständen, an denen sich die Crinoiden gewöhnlich festhalten, genügen die vielen Reize, denen das Tier fortwährend ausgesetzt ist. Dafür innere bewußte Bewegungsantriebe anzunehmen, wie bei den Polypen, ist nicht notwendig, da die Crinoiden nicht so fest sitzen wie jene und also wohl die Reize allein hinreichend stark sein werden, das Loslösen zu veranlassen.

Die Kriech- und Kletterbewegungen der Seesterne machen auf den Beobachter ganz den Eindruck willkürlicher Bewegungen. Besonders sind die tastenden Bewegungen der Tentakeln am Ende der Radien geeignet, den Eindruck der Absichtlichkeit hervorzurufen; und das Emporheben der die Augen tragenden Spitze des Armes macht den Eindruck, als ob das geschähe, damit das Tier besser sähe. Allein die Bewegungen der Saugfüßchen, das Ausstrecken und Zurückziehen, geschehen reflektorisch, und nach Preyers Ambulacralgesetz ist man „imstande, vorherzusagen, wie sich ein beliebiger Seestern nach stärkeren und schwächeren, zentralen und peripherischen, dorsalen und ventralen mechanischen, chemischen, elektrischen und thermischen Reizungen mit seinen Pedicellen verhalten wird, wann und wie die Reizwirkung irradiiert und wann nicht“. Nach Preyer also, der sonst sehr leicht geneigt ist, den niederen Tieren höhere psychische Tätigkeiten zuzuschreiben, sind die Bewegungen der Saugfüßchen so mechanisch, daß sich ihr Ablauf berechnen ließe. Das Mitwirken von Bewußtsein anzunehmen, ist also ganz und gar überflüssig

Am ehesten noch könnten die tastenden Bewegungen der Tentakeln am Ende der Arme und das Emporheben der die Augen tragenden Spitze des Armes den Eindruck individueller Zweckmäßigkeit machen. Aber Bewegungen ganz ähnlicher Art und doch ohne Hilfe von Bewußtsein ausgelöst haben wir schon bei den Tentakeln der Actinien kennen gelernt. Freilich kommt bei den Seesternen noch der wohl zu überlegende Umstand hinzu, daß die bewegten Organe, also die Enden der Tentakeln und die Spitze des Armes, spezifische Aufnahmsorgane für äußere Reize tragen, die Sinnesepithelien der Fühler und die sogenannten Augen. Der anatomische Bau dieser Organe für sich allein war nicht Grund genug, ihnen die Vermittlung von Bewußtsein zuzuschreiben. Nun handelt es sich darum, zu überlegen, ob der Gebrauch dieser Organe der Annahme von Bewußtsein günstiger ist und welchen Wert das

Bewußtwerden der Reize für das Tier hätte. Der Gebrauch dieser Organe ist in der Tat zweckmäßig, denn das Hin- und Herwenden der Tentakeln erhöht ja die Möglichkeit, daß mechanische und chemische Reize zur Einwirkung auf das Organ gelangen, und dasselbe gilt für das Emporheben der die Augen tragenden Spitze der Arme. Der Zweck dieser Organe kann nur der sein, mechanische, chemische, optische und vielleicht auch thermische Reize, die dem Leben des Tieres günstig oder ungünstig sind, zu verwerten oder abzuweisen, also Bewegungen zur Reizquelle hin oder von ihr weg auszulösen. Man müßte sich also vorstellen, daß die durch den Reiz in den einzelnen Aufnahmsorganen ausgelösten Erregungszustände durch den Armnerv zentripetal bis zum Ringnerv fortgepflanzt werden und sich hier zum einheitlichen zentralen Erregungszustande vereinigen, daß sich ferner dieser zentrale Erregungszustand nun zentrifugal zu den Füßchen fortpflanzt und die koordinierten Bewegungen auslöst. Allerdings werden sich die in zentripetaler Richtung fortschreitenden einzelnen Erregungszustände durch die vom Armnerv abzweigenden und zu den Füßchen laufenden peripherischen Nerven auch schon bis zu den Saugfüßchen fortpflanzen und sie zu Bewegungen anregen, allein der durch die Vereinigung der einzelnen Erregungen im Ringnerv entstandene Gesamterregungszustand ist stärker und also auch imstande, in allen Füßchen gleichgerichtete Bewegungen auszulösen. Mit dieser Erklärung stimmt die Tatsache überein, daß auch noch isolierte Arme Kriech- und Kletterbewegungen ausführen wie die unversehrten Tiere, aber nur, wenn ein Stück des Ringnerven dabei ist, daß aber die Bewegungen ziellos, nicht gleichgerichtet, nicht koordiniert sind, wenn von dem Ringnerven nichts daran ist. Denn im ersteren Falle ist die Entstehung eines einheitlichen koordinierte Bewegungen auslösenden Erregungszustandes möglich, im letzteren dagegen nicht. Und nun handelt es sich darum, zu untersuchen, welchen Wert für das Tier das Bewußtwerden des zentralen Erregungszustandes haben könnte. Der Zweck könnte nur der sein, einen bewußten Bewegungsantrieb auszulösen und dadurch das Eintreten der koordinierten Bewegung selbst um so mehr zu sichern. Das könnte nun entweder so geschehen, daß der zentrale Erregungszustand direkt als Bewegungsantrieb bewußt wird oder daß zuerst eine Empfindung und ein Gefühl ausgelöst wird. Hätte die auszulösende Bewegung immer denselben Zweck und wäre also immer nur eine Art der

Bewegung ohne Unterschied der Richtung und Stärke auszuführen, dann würde der bloße Antrieb zur Bewegung überhaupt genügen und die Mitwirkung einer Empfindung und eines Gefühles wäre überflüssig. Nun handelt es sich aber hier um die Auslösung verschiedener Bewegungen, je nachdem der Reiz ausgenutzt oder abgewehrt werden soll. Verschiedene Reize sollen also verschiedene Bewegungen auslösen und das wird eben dadurch erreicht, daß die Auslösung des richtigen Bewegungsantriebes und damit auch der dem individuellen Bedürfnisse entsprechenden Bewegung durch die Empfindung und ein damit verbundenes Gefühl vermittelt wird. Die nach Qualität und Intensität verschiedenen Reize erzeugen zuerst ebenso nach Qualität und Intensität abgestufte Empfindungen; daran knüpft sich ein Gefühl der Lust oder Unlust je nach der Nützlichkeit oder Schädlichkeit des Reizes für den Organismus, hierauf folgt der Bewegungsantrieb und jetzt erst die zweckentsprechende Ausnutzungs- oder Abwehrbewegung. Bilden sich nun zwischen diesen drei Bewußtseinserscheinungen feste Assoziationen, so kann jedesmal, wenn ein bestimmter Reiz eine bestimmte Empfindung ausgelöst hat, auch das damit assoziierte Gefühl und der mit diesem Gefühl assoziierte Bewegungsantrieb entstehen. Die Ausbildung dieser Assoziationen ist wichtig. Denn das primäre Begehren als bloßer Bewegungsantrieb ohne bestimmte Richtung wäre ja nicht immer zweckmäßig, weil es dem Zufall überlassen bliebe, ob die Bewegung dem Reize entspräche oder nicht. Die Empfindung allein ohne Gefühl, also ohne Hinweis darauf, ob der Reiz für den Organismus nützlich oder schädlich ist, und ohne die entsprechende Ausnutzungs- oder Abwehrbewegung hätte für das Tier keinen Wert. Bilden sich aber zwischen der Empfindung, dem Gefühl und dem demselben Reize entsprechenden Bewegungsantrieb feste Assoziationen, dann wird der der jedesmaligen Qualität und Intensität des Reizes am besten entsprechende Bewegungsantrieb um so sicherer ausgelöst werden und das Bewußtwerden der Intensitätsunterschiede von Reizen derselben Qualität, also z. B. von stärkerem und schwächerem Licht, von verschiedenen Temperaturgraden, wird auch geeignet sein, die Bewegung besser dem den jedesmaligen Bedürfnissen entsprechenden individuellen Zwecke anzupassen. Gerade bei Wärmereizen muß die Auslösung der verschiedenen Temperaturen entsprechenden verschiedenen Bewegungen von Wichtigkeit sein, da nach

den Versuchen von Preyer (S. 61 ff.) die Seesterne für thermische Reize äußerst empfindlich sind und das Optimum nur innerhalb ganz geringer Grenzen liegt. Erfüllen die Empfindung und das Gefühl diesen Zweck der individuellen Anpassung an qualitativ und quantitativ verschiedene Reize, so sind sie wie jede andere Lebenserscheinung geeignet, der Erhaltung des Tieres zu dienen und erhalten dadurch ihre Daseinsberechtigung, und während die Empfindung allein den Schicksalen des Entstehens und Vergehens unterworfen wäre und das Gefühl allein für das Tier keine Bedeutung hätte, sichert die Assoziation der Empfindung und des Gefühles mit anderen Lebenserscheinungen, insbesondere mit Bewegungsantrieben, diesen psychischen Erscheinungen einen festen Bestand in der Reihe der Lebenserscheinungen überhaupt.

Welcher Art die Empfindungen sein mögen, darüber lassen sich nur Vermutungen aufstellen. Aber da durch Versuche nachgewiesen wurde, daß die Augen für Lichtunterschiede empfindlich sind, ist es immerhin möglich, daß sie Licht- und Dunkelheitsempfindungen vermitteln, ähnlich wie auch wir durch die geschlossenen Augenlider hindurch Licht und Dunkel ohne Gestalt und Farbe empfinden. Die Tentakeln sind empfindlich für mechanische, thermische und chemische Reize. Als spezifische Organe für chemische Reize können sie aber nach den Versuchen von Romanes und Graber nicht betrachtet werden, wohl aber wegen ihrer großen Empfindlichkeit für mechanische und thermische Reize als spezifische Organe für Reize eben dieser Art. Solchen Reizen würden nach den Erfahrungen an uns selbst Berührungs- und Temperaturempfindungen entsprechen. Daß dasselbe Organ zwei generisch verschiedene Empfindungsqualitäten vermitteln soll, würde ganz mit der Erfahrung an uns selbst übereinstimmen, da ja bei uns die Haut auch zweierlei Qualitäten, Berührungs- und Temperaturempfindungen, vermittelt. Man könnte also das Sinnesepithel der Tentakeln ähnlich wie unsere Haut als ein Mehrheitsorgan betrachten, das sich zwar schon für die Aufnahme von verschiedenen Reizen und zur Vermittlung von generisch verschiedenen Empfindungsqualitäten angepaßt, sich aber noch nicht morphologisch differenziert hat.

Die Kriechbewegungen der Seeigel mit Hilfe der Saugfüßchen können wie bei den Seesternen als Reflexbewegungen betrachtet werden. Die Bewegungen der Pedicellarien sind gleichmäßig nach allen Seiten hin gerichtet, dabei öffnen und schließen sich die Zangen

unaufhörlich. Gerät dann ein Gegenstand zwischen sie, so wird er beim Schließen der Zangen rein mechanisch, ohne jede Absicht festgehalten und beim Hin- und Herbewegen des Zangenstieles an andere Zangen abgegeben. Sie ergreifen sich auch gegenseitig oder auch die nächsten Stacheln des eigenen Körpers, können also keinen Unterschied zwischen dem eigenen und fremden Körpern machen. Der Vorgang erfolgt, wenn auch wechselnd im Ablaufe, so doch mit genereller Zweckmäßigkeit wie bei den automatischen Bewegungen. Ein Mitwirken von Bewußtsein anzunehmen, ist also nicht notwendig.

Bei den Holothurien wurden dreierlei Arten der Ortsbewegung beobachtet. 1. Mit Hilfe der Saugfüßchen und Fühler; 2. durch wellenförmig von vorn nach hinten fortschreitende Zusammenziehungen des Körpers; 3. durch Schwimmen, indem der ganze Körper auf- und niedergedrückt wird. Die Bewegung mit Hilfe der Saugfüßchen und Fühler kann wie bei den Seesternen und Seeigeln als Reflexerscheinung erklärt werden, die durch die vielen von dem Nervenringe koordinierten Berührungsreize ausgelöst wird. Die Zusammenziehungen des Körpers sind zum Teil auf äußeren, zum Teil auf inneren Reizen beruhende Bewegungen, also teils reflektorischen, teils automatischen und impulsiven Charakters. Und ebenso die Bewegungen des Körpers beim Schwimmen.

Das Einwühlen mancher Holothurien in den Sand mit Hilfe der Fühler und der Zusammenziehungen des Körpers ist eine Kombination der ersten und zweiten Bewegungsart. Alle die Bewegungen sind komplizierte Reizwirkungen und entweder als Reflexe oder als Automatismen und Impulsivbewegungen erklärbar. Immerhin aber ist es möglich, daß in ähnlicher Weise wie bei den Seesternen auch bei den Holothurien die Sinnesepithelien der Fühler zentrale Erregungszustände auslösen, die entweder als Bewegungsantrieb allein oder als Empfindung und Bewegungsantrieb bewußt werden. Allein solange nicht genauere Beschreibungen über Beginn und Verlauf der Bewegungen vorliegen, können wir kein Urteil darüber fällen, ob das Eingreifen solcher Bewußtseinserscheinungen für das Tier von individueller Zweckmäßigkeit wäre und ob wir also ein Recht haben, Bewußtsein anzunehmen.

Die Selbstwendung macht wie das Klettern und Kriechen ganz den Eindruck einer spontanen willkürlichen Bewegung, die das Tier macht, um sich aus der ungewohnten, Unlust erzeugenden

Lage zu befreien. Zur Erklärung der Erscheinung empfiehlt es sich, Beobachtungen an höheren Tieren, namentlich an Fröschen, heranzuziehen. Frösche wenden sich selbst geschickt in der gewöhnlichen Weise auch dann noch um, wenn sie 24 Stunden vorher enthauptet worden sind, ein Beweis, daß der Vorgang überhaupt ohne Bewußtsein erfolgt. Die Selbstwendung muß also entweder ein Reflex oder eine Impulsivbewegung sein. Im ersteren Falle könnten die durch die Berührung der Rückenhaut mit der Unterlage entstehenden Hautreize als Ursache betrachtet werden; allein Preyer (121) beobachtete an Fröschen, die am Rumpfe und an allen vier Gliedmaßen enthäutet waren, noch regelmäßige Selbstwendung. Als innerer Reiz ließe sich eine durch die Rückenlage bedingte Störung im Kreislaufe denken; allein Preyer sah Frösche, denen er alle Eingeweide mit dem Herzen und den großen Blutgefäßen herausgenommen hatte, die verblutet und ganz blaß waren, sich doch noch wenden. Es bleibt somit nichts übrig, als die durch die Rückenlage bewirkte Änderung der Muskelspannung als Ursache zu betrachten.[1]) Das Ergebnis dieser Beobachtungen an Fröschen kann wohl auch auf die Stachelhäuter angewendet und somit erklärt werden, daß die Selbstwendung eine durch die ungewohnte Rückenlage, die innere Reize bedingt, ausgelöste unbewußte Impulsivbewegung ist.

β) Reizwirkungen.

Die Reizversuche, so unzureichend sie noch sind, haben doch schon viel dazu beigetragen, unsere Kenntnisse von der Lebensweise der Stachelhäuter und der Bedeutung ihrer Organe zu vermehren. So haben die Versuche mit chemischen Reizstoffen die eigentümliche Tatsache nachgewiesen, daß manche Stachelhäuter gegen einzelne Reizstoffe ungemein empfindlich sind, so z. B. verliert Asterias glacialis in Süßwasser schon nach 10 Minuten die Fähigkeit, auf weitere mechanische Reize zu antworten; hingegen sind andere wieder sehr unempfindlich gegen Stoffe, bei denen man es nicht vermutet hätte, so z. B. zeigte Holothuria tubulosa, in Weingeist gebracht, noch nach einer Stunde lebhafte Kontraktionen und erst nach $1^1/_2$ Stunden war sie tot. Von besonderer Wichtigkeit sind die Reizversuche für die Entscheidung der Frage, ob die Stachelhäuter spezifische

[1]) Steiner, Untersuchungen über die Physiologie des Froschhirns; Braunschweig 1885, pag. 25.

Sinnesorgane haben. Die Versuche Romanes' und Grabers mit verschiedenen Nähr- und Riechstoffen haben gezeigt, daß die Stachelhäuter spezifische Geruchs- und Geschmacksorgane nicht haben; denn die Versuchstiere Romanes' (Asterias rubens) reagierten auf die Nährstoffe nicht an bestimmten Körperstellen, sondern mit der ganzen Bauchseite. Und gerade die Tentakeln an der Spitze der Arme, die man am ehesten für spezifische Geruchsorgane zu betrachten geneigt wäre, sind es nicht, denn nach ihrer Abtrennung folgen die Tiere dem vorgehaltenen Stückchen von Krebsfleisch gerade so wie die unversehrten Tiere. Dasselbe zeigt sich nach den Versuchen von Graber für die Tentakeln von Synapta digitata, die weder auf Rosenöl noch auf Asa foetida reagierten. Die Versuche von Romanes und Preyer über die Lichtempfindlichkeit der Augen der Seesterne haben bewiesen, daß sie zwar für Helligkeitsunterschiede, aber keineswegs für Farbenqualitäten empfindlich sind; und da sie vermöge ihres Baues auch zur Erzeugung von Bildern nicht geeignet sein dürften, können wir die Augen nur als Organe zur Aufnahme von Lichtintensität betrachten. Die Versuche über die Empfindlichkeit für mechanische Reize haben ergeben, daß gegen derartige Reize die ganze Körperoberfläche empfindlich ist; einzelne Stellen, die eine harte Körperbedeckung haben, weniger, andere hingegen, nämlich die Saugfüßchen und die Fühler, ganz besonders; und da die Fühler nicht wie die Saugfüßchen hauptsächlich der Bewegung dienen, also nicht als Bewegungsorgane betrachtet werden müssen, können sie als spezifische Organe für mechanische Reize und wegen ihrer großen Empfindlichkeit für thermische auch als spezifische Aufnahmsorgane für Reize dieser Art betrachtet werden. Schallreize wirken nach Preyer nur als Erschütterungen, also als mechanische Reize. Somit ergibt sich aus den Reizversuchen mit Stachelhäutern, daß wir diesen Tieren nur spezifische Aufnahmsorgane für mechanische, thermische und photische Reize zusprechen dürfen, und das ist ja dasselbe Ergebnis, das wir aus der Beurteilung des anatomischen Baues der Organe nervöser Natur erhalten haben.

Einige besondere Gruppen von Lebenserscheinungen, welche, wie die folgende Besprechung zeigen wird, auch als Reizwirkungen zu betrachten sind, müssen nun noch ausführlich besprochen werden, weil gerade sie wiederholt Anlaß gegeben haben, den Stachelhäutern schon ein höher entwickeltes Seelenleben, sogar schon Intelligenz

zuzuschreiben. Es sind die Erscheinungen der Autotomie, die Abwehr- und die Fluchtbewegungen.

Die Autotomie.

Die Autotomie kommt nicht bloß bei den Stachelhäutern, sondern auch bei höheren Tieren, Gliederfüßlern und selbst manchen Wirbeltieren, z. B. Eidechsen, vor. Die abbrechenden Teile sind an und für sich oft ziemlich fest und es ist mitunter eine ganz bedeutende Kraft notwendig, sie künstlich abzureißen; und dann sind die Wundflächen zackig und unregelmäßig, während bei der Autotomie das Abfallen mit der größten Leichtigkeit ganz wie von selbst vor sich geht und die Wundflächen glatt sind. Der Ort, wo die Autotomie stattfindet, ist meistens eine genau bestimmte, im Bau schon vorgebildete Stelle, z. B. bei den Termiten eine Rißlinie am Anfange des Flügels, längs welcher der Flügel entzweibricht wie ein mit dem Diamanten geritztes Stück Glas längs der Ritzlinie. Die Ursachen der Autotomie sind verschieden: Starke mechanische Reize, mitunter z. B. nach vorhergehender Erwärmung des Wassers über 34° C auch schon bloße Berührung, das Anbinden an Gläser, das Umspannen mit Kautschukringen, Einschnitte, Stiche, Durchbohrung, Benetzung mit Säuren, elektrische Schläge, Erwärmung des Wassers bis zu einer gewissen Höhe, bei Comatula z. B. bis 35° C, Übertragung in die Luft und in destilliertes Wasser usw. Das sind allerdings durchaus künstliche Reize, denen das Tier in natürlichen Lebensverhältnissen nur selten ausgesetzt ist. Daß aber die Autotomie auch unter natürlichen Verhältnissen häufig vorkommt, beweist der Umstand, daß es nach Preyer nur sehr schwer ist, eine große Luidia mit sämtlichen Armen zu finden. Die Autotomie ist also eine Reizwirkung. Nach Preyer (206 und 213) ist der Verlust eines Körperteiles für das Tier durchaus nicht immer verderblich, sondern häufig von Vorteil. Denn je größere Dimensionen ein Seestern erreicht, desto schwerer wird es ihm, sich unversehrt zu erhalten, beim Kriechen den am Boden liegenden Hindernissen auszuweichen und sich genügende Nahrung zu verschaffen; es muß daher für ihn ein Vorteil sein, wenn er die Fähigkeit hat, sich den Lebensverhältnissen entsprechend zu verkleinern. Auch die Flucht vor Feinden wird dadurch begünstigt und sehr häufig verdankt das Tier einzig der rechtzeitigen und schnellen Amputation die Erhaltung des Lebens. Auch hat die Autotomie für das Tier die

Bedeutung einer Verjüngung und dadurch einer erheblichen Lebensverlängerung. Der Nachteil, den der Verlust einer Anzahl von Saugfüßchen mit sich bringt, ist geringfügig gegenüber den Vorteilen und übrigens nur vorübergehend; denn der Verlust wird durch das ziemlich schnell vor sich gehende Nachwachsen der verlorenen Teile bald wieder ersetzt. Auch das Auswerfen des Verdauungskanales namentlich bei Holothurien, wo er bald wieder ersetzt wird, kann als eine Verjüngung betrachtet werden, und in jenen Fällen, wo sich beide Teile zum vollen Tiere regenerieren, ist die Autotomie als eine besondere Art der ungeschlechtlichen Vermehrung zu betrachten. Im allgemeinen ist also die Autotomie eine generell zweckmäßige Erscheinung. Nach Preyer (213) handelt es sich bei der Autotomie vielleicht um eine uralte (poläophyletische), instinktive und sehr fest vererbte Schutzmaßregel; so sehr Preyer auch sonst geneigt ist, den Stachelhäutern seelisches Leben zuzuschreiben, bei der Autotomie hält er es nicht für gerechtfertigt. Da sie, wie wir gesehen haben, eine generell zweckmäßige Reizwirkung ist, können wir sie ohne weiteres als Reflexerscheinung betrachten, zu deren Erklärung die Annahme von Bewußtsein nicht notwendig ist. Und zwar ist sie zumeist ein Reflex, der unter Beteiligung des zentralen Nervenringes ausgelöst wird, denn Zerstörung der zentralen Übergänge der Radialnerven in den Nervenring hat eine Erschwerung oder Aufhebung der Autotomie zur Folge. In vielen Fällen jedoch ist die Autotomie ein peripherischer Reflex, wie die nochmalige Teilung schon von selbst abgetrennter Arme beweist (Preyer 208).

Die Abwehrbewegungen.

1. Preyer (a. a. O. 122) brachte in der Absicht, unzweideutige Beweise für selbständige psychische Funktionen bei Seesternen und Schlangensternen zu haben, die Tiere in früher nie erlebte Lagen, welche die Erfindung von neuen Hilfsmitteln zur Abwehr, Befreiung und Flucht benötigen. Zu dem Zwecke zog er bei Ophiomyxa und Ophioderma einen mehr oder weniger eng anschließenden Kautschukschlauch über einen Arm bis nahe an den Ursprung, aber so, daß noch ein Teil der Armspitze frei blieb und beobachtete nun, in welcher Weise sich die Tiere von der beim Tasten und Kriechen hinderlichen Bekleidung befreiten. Er fand, daß dies auf fünferlei Weise geschieht: 1. Wenn der Schlauch locker ist, streift ihn das Tier beim Weiterkriechen durch Reiben am Boden ab; 2. sie

schleudern ihn durch geißelförmiges Hin- und Herwerfen des Armes hinweg; 3. sie drücken ihn mit den Nachbararmen fest gegen den Boden an und ziehen den Arm aus dem dadurch fixierten Rohre heraus; 4. sie stemmen abwechselnd beide Nachbararme mit ihren Zähnchen unten gegen den Schlauch und schieben ihn rückwärts ab; 5. sie befreien sich von dem Arme samt der unbequemen Bekleidung durch Autotomie. Hilft das eine Verfahren nicht, so wird das andere angewendet. Hier liegt nach Preyer kein einfacher Reflex vor, vielmehr haben die Tiere die Fähigkeit, sich neuen, von ihnen noch nie erlebten Situationen schnell anzupassen. Preyer schreibt ihnen deshalb das Vermögen zu, Erfahrungen zu machen, d. h. zu lernen und das Erlernte in neuer Weise zweckmäßig zu verwerten. Und da auf diesem Vermögen die Intelligenz beruht, so müssen die Ophiuriden sehr intelligent sein. Loeb[1]) hat diese Versuche wiederholt und gefunden, daß sich die Ophiuriden um den Gummischlauch gar nicht kümmern. Allerdings verliert ihn das Tier nach einiger Zeit, falls er nicht zu eng ist. Aber das ist reiner Zufall „und es ist dabei nicht mehr Intelligenz im Spiele wie bei einer Leine, wenn der Wind die daran aufgehängte Wäsche herunterwirft".

Halten wir die Versuche von Preyer und Loeb zusammen, so zeigt sich, daß sich die Tiere entweder um den Schlauch gar nicht kümmern oder sich von ihm befreien. Ersteres ist beobachtet worden von Loeb und Preyer; denn die Beobachtung des letzteren, daß die Tiere den Schlauch, wenn er locker genug ist, beim Weiterkriechen durch die Reibung mit dem Boden abstreifen, stimmt mit der Beobachtung Loebs überein. Da in diesem Falle das Verlieren des Schlauches rein passiv erfolgt, ist die Annahme des Mitwirkens bewußter Absicht des Tieres nicht notwendig. Von den vier Arten der Befreiung von dem Schlauche, die Preyer weiter anführt, kann die eine Art, nämlich die durch Autotomie des mit dem Schlauche bekleideten Armes, nach dem, was wir früher schon über die Autotomie gesagt haben, als unbewußte Reizwirkung betrachtet werden wie jede andere Autotomie. Auch das pendelartige Hin- und Herwerfen des Armes ist unbewußte Reizwirkung, die auch sonst auftritt, z. B. nach Preyer (S. 195), wenn ein Strahl von Ophioderma schnell und stark gedrückt wird. Am ehesten noch

[1]) Loeb, Einleitung din ie vergleichende Gehirnphysiologie und vergleichende Psychologie; Leipzig 1899.

sind die beiden anderen Arten der Befreiung von dem Schlauche geeignet, den Eindruck der Absichtlichkeit hervorzurufen und doch ist diese Annahme auch hier nicht notwendig. Denn daß der lang andauernde Reiz immer neue Bewegungen auslöst und unter diesen Bewegungen nebst vielen zwecklosen auch solche erscheinen, die zum Ziele führen, wie jene zwei von Preyer angeführten, ist leicht begreiflich. Und daß, wenn die eine dieser Bewegungen nicht zum Ziele führt, nacheinander die übrigen eintreten, bis endlich das Ziel erreicht wird, ist ja auch erklärbar, ohne daß man annehmen müßte, daß das Tier absichtlich zuerst eine Art der Bewegung versucht und wenn diese nicht gelingt, nun mit bewußter Absichtlichkeit gerade diese zweite Art anwendet usw. Preyer bemerkt, daß er sonst niemals derartige komplizierte Bewegungen bei Asteroiden beobachtet hat und namentlich nichts, was dem Wischen eines Radius mit dem benachbarten nach Reizung des ersteren ähnlich sah. Wohl aber haben Romanes und Ewart beobachtet, daß Uraster nach dorsaler Reizung eines Strahles mit dem Nachbarstrahle darüber hinfuhr, als ob etwas weggewischt werden sollte. Preyer allerdings erklärt dies für unwahrscheinlich, aber ohne einen andern Grund angeben zu können, als daß er selbst es an anderen Asteroiden nicht beobachtet hat. Und doch erwähnt Preyer (126) selbst, daß wenn man eine Insektennadel mit einem großen Korkstücke in die Rückenhaut eines Strahles von Luidia sticht, das Tier öfters die Spitze des Radius zentroventral spiralig zusammendreht, worauf dann gewöhnlich Autotomie erfolgt. Der Reiz löst also doch eine Krümmung des Armes gegen die Reizstelle aus, wobei freilich die Spitze des Armes wegen der zu geringen Beweglichkeit des letzteren die Reizstelle nicht erreicht und also die Reizursache nicht beseitigt. Die Bewegung ist, wenn auch erfolglos, so doch immerhin gleichsam gut gemeint, also generell zweckmäßig. Anders ist es bei den Haarsternen mit ihren leicht beweglichen Armen; da ist es begreiflich, daß nicht bloß der von dem Reize getroffene Arm sich krümmt, sondern auch die Nachbararme sich zur Reizstelle hin bewegen und daß dadurch der Zweck der Bewegung, nämlich Beseitigung des Reizes, des Schlauches, auch wirklich erreicht wird. Den Schlangensternen deshalb eine höhere Intelligenz und die Fähigkeit, aus Erfahrungen zu lernen und das Erlernte in neuer Weise zweckmäßig zu verwerten, zuzuschreiben, dazu geben die Abwehrbewegungen keinen Anlaß. Sie sind erklärbar als Reflexwirkungen.

Nur ein Umstand könnte auffallen und uns zu der Überlegung veranlassen, ob bei den Abwehrbewegungen nicht doch Bewußtsein mitwirkt. Lang andauernde Reize, die nicht gerade das Leben des Tieres gefährden, haben, wie wir schon wiederholt gehört haben, sonst gewöhnlich die Folge, daß sich das Tier an den Reiz anpaßt und ihn dann ohne weitere Reaktion erträgt. Das ist hier nicht der Fall. Wenn der Schlauch so eng ist, daß er nicht von selbst abfallen kann, dann übt er einen starken, lange anhaltenden Reiz aus; aber das Tier paßt sich ihm nicht an, die Bewegung dauert fort, bis der Reiz beseitigt ist oder Autotomie eintritt. Um nun das Fehlen der Anpassung oder, was dasselbe ist, das Fortdauern der Berührung des Körpers mit dem Schlauche als Bewegungsursache zu erklären, könnte man das Eingreifen von Bewußtsein für zulässig erklären, aber nicht das Eingreifen von höherer Intelligenz, sondern gerade nur jener Bewußtseinserscheinungen, die zur Erklärung hinreichen. Die durch die zahlreichen Berührungen der Haut und der Füßchen mit dem Schlauche entstandenen Erregungszustände im peripherischen Nerven werden in das Zentrum geleitet, vereinigen sich hier zum einheitlichen zentralen Erregungszustande und dieser wird bewußt. Nun fragt es sich, ob als Empfindung, Gefühl oder Bewegungsantrieb. Da die einzelnen Berührungsreize der Qualität nach ziemlich gleich sind und also auch einen, die ganze Dauer des Reizes hindurch sich gleichbleibenden einheitlichen Erregungszustand auslösen, ist das Entstehen einer Seelenerscheinung, deren Grundeigentümlichkeit die nach Graden abgestufte Qualität ist, also der Empfindung, nicht wahrscheinlich. Das Gefühl mit seinem polaren Gegensatze von Lust und Unlust läßt die Annahme, daß die vielen Berührungen des Schlauches ein Gefühl der Unlust erzeugen, schon wahrscheinlicher erscheinen. Ein solches Gefühl hätte die Aufgabe, den Erregungszustand zu unterstützen, damit er sich einerseits, solange er andauert, in seiner Stärke erhält und nicht infolge von Anpassung verschwindet, ehe die Reizursache beseitigt ist, und anderseits es dadurch zu ermöglichen, daß der Erregungszustand nebst dem Gefühle auch noch immer neue Bewegungsantriebe auslöst, bis die Bewegungen endlich zum Ziele führen und die Reizursache wirklich beseitigen. Also im großen und ganzen sind die Abwehrbewegungen als Reizwirkungen erklärbar; was daran im einzelnen noch der Erklärung bedarf, nämlich die mangelnde Anpassung, läßt sich durch das Eingreifen primärer

Seelenerscheinungen, wie Gefühl und Bewegungsantrieb, auf die einfachste Weise erklären. Die Annahme von Erscheinungen höherer Intelligenz ist überflüssig und daher nicht gerechtfertigt.

Die Fluchtbewegungen.

Romanes und Ewart haben Fluchtbewegungen nach mechanischen Reizen beobachtet, und zwar in der Richtung von der Reizstelle hinweg. Werden zwei Stellen gleichzeitig gereizt, so erfolgt die Flucht in der Richtung der Diagonale. Preyer (194) findet diese Angaben durch seine Versuche nicht bestätigt. Nach seiner Meinung hängt die Fluchtrichtung von der Stärke des Reizes und der Erregbarkeit des Tieres, von der Beschaffenheit des Bodens und endlich auch von der Tierart ab. Entsprechend diesen verschiedenen Umständen sind auch die Fluchtbewegungen ziemlich verwickelt und die geradlinige Fluchtbewegung ist nur ein Fall unter vielen. Luidia z. B. entweicht nach dorsaler Reizung bald geradlinig, bald im Zickzack, bald im Bogen. Mitunter sind die Fluchtbewegungen sogar unzweckmäßig. Z. B. ein Ophioderma, welches am Rande des Gefäßes zum Teil in der Luft kletterte, kroch nach der ersten Reizung in das Wasser zurück, nach der zweiten aber aus dem Wasser heraus und fiel auf den Boden. Eine Asterias glacialis bewegt sich sogar zur Reizstelle hin. Auch isolierte Arme bewegen sich nach jeder beliebigen Richtung. Gerade der Umstand, daß die Fluchtbewegungen mitunter unzweckmäßig sind, beweist, daß sie ohne Überlegung erfolgen. Sie sind Reflexbewegungen, denn sie sind generell zweckmäßig, da sie ja im allgemeinen doch dazu führen, dem Reize zu entfliehen, aber die generelle Zweckmäßigkeit schließt nicht aus, daß sie in einzelnen Fällen, wie wir eben gehört haben, unzweckmäßig sind.

Sehr eigentümlich ist, daß Asterias und Ophiuriden, welche absichtlich in ungewohnte Lagen versetzt werden, diese Lagen verlassen, aber oft wieder in sie zurückkehren. Wird z. B. eine Asterias oder ein Echinaster mit der Bauchseite nach oben gelegt und nun mit einer schweren Glasplatte bedeckt, so kriecht das Tier ohne Selbstwendung am Rande der Platte hervor und wendet sich erst jetzt. Echinaster aber kroch bald darauf wieder unter die Glasplatte zurück. Asterina kroch aus schmalen Flaschen, Röhren und Blasen heraus, aber auch wieder hinein. Die Ophiuriden zeigen ein verschiedenes Verhalten. Manchmal verlassen sie sogleich die

ungewöhnliche Lage, ein andermal verbleiben sie in ihr. Ein Ophioderma z. B. blieb 24 Stunden in einer horizontal auf dem Boden liegenden Glasröhre. Ein isolierter Strahl kann sich aber aus der ungewöhnlichen Lage nicht befreien, außer durch Zufall, auch ein Strahl mit einem dazu gehörigen Fünftel der Zentralscheibe nicht, wohl aber ein Strahl mit zwei zentralen Fünfteln und dem ganzen zentralen Nerventeil. Ein Beweis, daß die Bewegung auslösende Wirkung von dem Zentrum ausgeht. Daß Asterias wieder in die ungewöhnliche Lage zurückgeht, ist allerdings eine auffallende Erscheinung, kann aber doch nur Sache des Zufalles sein; denn daß das Tier absichtlich in die frühere unbequeme Lage zurückkriecht, kann man doch nicht annehmen; sondern wenn das Tier, nachdem es sich befreit hatte, weiterkriecht, geschieht es natürlich mitunter, daß der vorauskriechende Arm gerade in die Röhre hineingerät und der übrige Körper sich nun nachzwängt, ohne daß das Tier weiß, daß es dieselbe Röhre eben erst verlassen hat und daß es knapp neben der Röhre einen viel bequemeren Weg fände. Ähnliche Fälle werden wohl auch im freien Leben des Tieres häufig vorkommen, wenn es z. B. beim Kriechen in eine schmale Spalte zwischen zwei Steine gerät und seinen Körper in ähnlicher Weise durchzuzwängen sucht, wie beim Kriechen in eine Röhre oder Flasche. Das Vorwärtskriechen dauert eben solange an als die bewegende Ursache (innerer Erregungszustand und die Berührungen des Körpers und der Füßchen mit der Unterlage) stark genug ist, immer neue Bewegungen auszulösen, und nicht durch andere Bewegungsursachen, die das Tier in eine andere Richtung ziehen, gehindert wird.

Daß es wirklich Reize gibt, die so stark sind, daß sie Bewegungen auslösen, die das Tier in eine ungewöhnliche Lage bringen, beweist folgender Versuch Preyers (197). Bringt man zwei Radien einer Asterias glacialis in eine mit Seewasser gefüllte Röhre, während die drei anderen Radien in der Luft verbleiben, so werden diese binnen 10 Minuten ebenfalls in die Röhre hineingezogen, obwohl sie so eng ist, daß das Tier mit Gewalt nicht hineingezwängt werden kann. Seewasser wirkt also als sehr starker Bewegungsreiz. Legt man dann die Röhre mit dem Tiere horizontal ins Wasser, so kriecht es wieder heraus, denn jetzt ist das Tier von allen Seiten von Seewasser umgeben, dieses wirkt also nicht mehr als einseitiger Bewegungsreiz, wohl aber wirken jetzt die Berührungen

der Flasche als Bewegungsreize und treiben das Tier aus der Flasche heraus. Daß die Stärke des Reizes und nicht Überlegung für die Richtung der Bewegung maßgebend ist, zeigt der Umstand, daß die Tiere, um einer submarinen Schädlichkeit zu entgehen, sogar aus dem Wasser herauskriechen, also in eine Lage kommen, in der sie doch nicht verbleiben können. Die Bewegung ist eben nur generell und nicht individuell zweckmäßig, sie bringt zwar das Tier aus dem Bereiche des schädlichen Reizes, aber weil eben die Kenntnis der individuellen Verhältnisse fehlt, mitunter auch in ungünstige Lagen.

Auch aus weiteren Versuchen Preyers zeigt sich, daß bei solchen Fluchtbewegungen keine Überlegung mitwirkt. Setzt man (Preyer 198) eine Asterias rittlings auf die aneinander stoßenden Ränder zweier flacher Schalen, von denen die eine leer, die andere aber mit frischem Seewasser gefüllt ist, und taucht der eine Strahl des Tieres in das Wasser, so kriecht es gewöhnlich in dieses hinein. Wird nun aber durch einen Heber das Wasser aus dieser Schale herausgehoben und in die andere gebracht, so verläßt das Tier nicht jedesmal die wasserleer gewordene Schale, obwohl es drinnen zugrunde geht. Hätte das Tier Überlegung, so müßte sie es doch veranlassen, in das mit Wasser gefüllte Gefäß zurückzukriechen. Aber da nicht nur diese, sondern in der wasserleeren Schale auch der mächtige Reiz des Wassers fehlt, bleibt das Tier ohne Fluchtversuch in der wasserleeren Schale und geht zugrunde.

Mitunter werden schon im Ablauf begriffene Bewegungen abgeändert, scheinbar mit Absichtlichkeit, in Wirklichkeit aber rein reflektorisch; das zeigt folgender Versuch (Preyer 199): Wenn während des Hineinkriechens in das mit Wasser gefüllte Gefäß dieses entleert und das vorher leere gefüllt wurde, tritt in der Bewegung, wenn auch nur eine Armspitze in das Wasser hineinragt, eine Pause ein, dann aber ändert das Tier die Richtung der Bewegung und kriecht in das jetzt volle Gefäß zurück. Der neue, durch die Berührung der Armspitze mit dem Wasser ausgelöste Reiz ist stark genug, um, wie Preyer sagt, über die mächtige zentrale Innervation zur Bewegung nach der zuerst eingeschlagenen Richtung zu siegen. Wir haben es also auch nach Preyer mit einer rein reflektorisch ohne jede bewußte Absicht zustande gekommenen Bewegung zu tun. Wird die eine Schale mit Brunnen- und die andere mit Seewasser gefüllt, so daß die rittlings links und rechts

mit einer Spitze eingetauchte Asterias beide Flüssigkeiten gleichzeitig berührt, kriecht sie jedesmal in das Seewasser. Dieses ist der stärkere Reiz und bestimmt also rein mechanisch, ohne jede Mithilfe von Bewußtsein, die Richtung der Bewegung.

Eine weitere Art der Bewegung, aus der Preyer auf Überlegung und bewußte Absicht des Tieres schließt, ist das Sichfallenlassen. Astropecten aurantiacus, auf eine schwimmende Korkplatte gelegt, kriecht bis zum Rande und läßt sich dann fallen (199). Legt man ihn abermals auf die Platte, so können Stunden vergehen, bevor ein neuer Versuch gemacht wird. Auch Luidia und Uraster können nach wiederholter Reizung veranlaßt werden, sich fallen zu lassen. Wenn bei Luidia zwei Radien in ein gefülltes, über dem Wasser des größeren Behälters gehaltenes Glas gebracht werden, macht sie mehrere Minuten lang tastende Bewegungen mit den Saugfühlern und läßt sich dann in das größere Gefäß herabfallen, „falls, so scheint es, der Raum des Glases zu klein befunden wurde“. Preyer ist also geneigt, der Luidia sogar schon Raumwahrnehmungen und Raumurteile zuzuschreiben. Und doch liegt dafür keine Berechtigung vor. Denn da die Luidia sich auch sonst erst nach wiederholter Reizung fallen läßt, kann ja auch die mehrere Minuten lange Berührung der Saugfüßchen mit dem Wasser ein hinreichend starker Reiz gewesen sein, ohne daß es notwendig wäre, eine auf Wahrnehmung und Urteil gegründete Absicht anzunehmen; der starke Berührungsreiz löst reflektorisch ein Zurückziehen sämtlicher Füßchen und damit das rein passive Herabfallen aus. Die Ursache, warum Astropecten das zweitemal auf der Platte liegen blieb, entzieht sich unserer Beurteilung. Wie stark die Berührung der Füßchen mit dem Wasser als Reiz wirkt, zeigt folgender Versuch Preyers (200): „Hängt man eine Luidia rittlings mit dem Munde nach oben auf einen dicken Stab über dem Wasser so auf, daß drei Strahlen einerseits und vier Strahlen anderseits herabhängen, aber ohne das Wasser zu berühren, so bewegt sie die Füßchen (vermöge des dorsalen Berührungsreizes mit dem Stabe) lebhaft hin und her, bleibt jedoch in der unnatürlichen Lage. Läßt man aber eine Armspitze 1 oder 2 *cm* tief eintauchen, so gleitet das Tier nach der betreffenden Seite hin und fällt endlich hinab. Nach Preyer „liegt in diesem Versuche ein unzweideutiger Fall von einem höchst zweckmäßigen, lebensrettenden, erst nach langer Latenzzeit durch einen schwachen Reiz ausgelösten

Bewegungskomplex.“ Hierin ist unrichtig, daß das Wasser auf das Tier einen schwachen Reiz ausübt, wir haben ja früher bei dem Versuche mit den zwei flachen Schalen und der darauf gelegten Asterias von Preyer selbst gehört, daß Seewasser als ein sehr starker Bewegungsreiz wirkt und sogar die schon vorhandene „mächtige zentrale Innervation nach der zuerst eingeschlagenen Richtung“ besiegt. Im vorliegenden Falle hat der von der Berührung der Armspitze mit dem Wasser ausgehende starke Bewegungsreiz nicht eine schon bestehende Bewegung zu besiegen, sondern eben nur das Tier aus der Ruhelage herauszubringen, und da der Reiz für sich allein bei Asterias stark genug ist, um die Bewegung auszulösen, brauchen wir zur Erklärung dieser Bewegung bei Luidia eben auch keine bewußte Absicht. Bei Tieren, die sich schon im Wasser befinden, wirkt die Berührung mit dem Wasser, weil sie allseitig wirkt, natürlich nicht als Reiz zum Sichfallenlassen. Daher kommt es, daß solche Tiere in einer unbequemen Lage verharren, auch wenn sie sich durch das Sichfallenlassen aus ihr befreien könnten. Preyer (201) hielt z. B. eine Asterias glacialis unter der Wasseroberfläche an einem Korke, bis sie sich mit den zirkumoralen Saugfüßchen daran festgeheftet hatte. Nun hing sie an dem Korke und streckte alle Füßchen der fünf Strahlen aus. Selbst starke Berührungsreize bewirkten zwar das Einziehen der Füßchen oder den Verschluß der Ambulacralfurche, aber das Tier blieb an dem Korke hängen. Erst als Preyer mit einem Stäbchen zwischen den Kork und die anhaftenden Füßchen eindrang, zogen sich diese infolge des starken direkten mechanischen Reizes zurück und ließen den Kork frei, bis das Tier nur noch mit zwei oder drei Füßchen festhing. Berührte er das Tier jetzt nicht mehr, so heftete es sich, anstatt sich fallen zu lassen, wieder an den kleinen Kork fest. Nach Preyer folgt aus derartigen Versuchen „unabweisbar, daß Seesterne sich neuen Verhältnissen sehr zweckmäßig anpassen und Gewohnheiten unterlassen, welche, wenn sie in Gefahr kommen, ihnen schädlich werden oder ein Herabfallen in unbekannte Tiefen herbeiführen würden“ (201). Dieser Schluß ist nicht berechtigt. Ein Erkennen der Gefahr, in unbekannte Tiefen zu fallen, ist ja dem Tiere gar nicht möglich, eine derartige Erkenntnis kann also für das Tier nicht Beweggrund sein, sich am Korke festzuhalten. Geradeso wie sich bei den Versuchen mit Astropecten und Luidia die Tiere festhielten, wenn kein stärkerer Reiz auf sie einwirkt,

selbst wenn sie dabei zugrunde gehen, und obwohl sie sich durch das Sichfallenlassen retten könnten, wie die auf dem Stabe ohne die Arme einzutauchen sitzende Luidia, sich aber sofort fallen lassen, wenn ein hinreichend starker Reiz da ist, so ist es auch hier. Die Asterias bleibt an dem Korke hängen, solange kein stärkerer Reiz als der durch die Berührung der Füßchen mit dem Korke entstandene vorhanden ist. Werden aber die anhaftenden oralen Füßchen direkt gereizt, so ziehen sie sich zurück, und hätte Preyer die zwei oder drei Füßchen, mit denen sich seine Versuchstiere noch festhielten, auch noch direkt berührt, so hätten sich die Tiere ohne Rücksicht auf die unbekannte Tiefe fallen lassen, geradeso gut wie die mit der Armspitze in das Wasser tauchende Luidia von dem Stabe in das Wasser gleitet, ob das Wasser tief ist oder nicht.

Daß wie bei Luidia so auch bei Asterias glacialis nur der stärkere Reiz und nicht die Überlegung maßgebend ist, beweist folgender Versuch. Preyer (202) legte eine Asterias auf einen etwas schief liegenden Stab so, daß zwei Radien einerseits und drei Radien anderseits eintauchten, und bemerkte, daß sich das Tier langsam nach der Seite mit den drei Radien hinzog, bis es schließlich ins Wasser fiel. Das Tier bewegte sich also nach der Richtung des stärkeren Reizes. Wurde die Asterias so auf den Stab gelegt, daß ein Strahl ganz auflag und zwei links, zwei rechts in das Wasser tauchten, so bewegten sich zwar die Füßchen unter Wasser lebhaft hin und her, das Tier fiel aber nicht hinunter, sondern hing nach 24 Stunden noch da, schon vertrocknet und abgestorben. (Buridans Esel, der in der genauen mathematischen Mitte zwischen zwei Heubündeln verhungern müßte!) Preyer schließt daraus, „daß die einzelnen Asteriasindividuen eine sehr ungleiche psychische Begabung haben müssen. Einige gehen zugrunde, während sie sich mit Leichtigkeit durch Hinabgleiten in das Wasser retten könnten, andere lassen sich ganz gegen ihre sonstigen Gewohnheiten in das Wasser fallen und bleiben am Leben.“ Preyer übersieht, daß eben die zwei Versuche mit den beiden Asterias nicht gleich waren In dem ersten tauchen einerseits zwei, anderseits drei, im zweiten Falle aber beiderseits zwei Arme in das Wasser, dort war der Reiz also auf einer Seite stärker, hier aber auf beiden Seiten gleich. Und daß im ersten Falle Bewegung eintrat, im letzteren aber nicht, ist eben der Beweis dafür, daß nur der stärkere Reiz, nicht aber

bewußte Absicht die Bewegungsursache ist. Das Tier brauchte im letzteren Falle ja nur zwei Arme aus dem Wasser herauszuheben, um sein Leben zu retten, denn dann wäre es nach der Richtung der noch eingetauchten Arme in das Wasser hineingeglitten. Aber eben diese rettende Bewegung bleibt aus, weil das Tier nur von Reizen abhängt und die Arme auf der einen Seite von dem Wasser ebenso stark festgehalten wurden wie die auf der andern. Übrigens hat Preyer selbst durch einen Versuch (220) gezeigt, daß nur der stärkere Reiz den Ausschlag gibt. Lag eine Luidia so auf dem Stab, daß der längste und die drei kürzeren Arme auf der einen, die drei mittleren Arme auf der andern Seite in das Wasser tauchten, so herrschte Gleichgewicht, das Tier blieb ohne sich nach der einen oder anderen Seite zu bewegen, ruhig liegen. Erst als Preyer einen oder zwei Radien von der einen Seite auf die andere legte, also „eine Majorität von fünf gegen zwei oder sechs gegen eins“ herstellte, trat die Bewegung in der Richtung der Majorität ein. Also alle diese Versuche, die Preyer angestellt hat, um zu beweisen, daß den Seesternen Überlegung zukommt, sind gerade geeignet, zu beweisen, daß alle diese Bewegungen nichts anderes sind als Reizwirkungen. Und wenn man, eben um das letztere zu beweisen, Versuche anstellen wollte, so könnte man sie auch nicht besser wählen und ausführen, als es Preyer zu dem entgegengesetzten Zwecke tat.

Ähnlich wie mit den angeblich von bewußter Absicht geleiteten Fluchtversuchen aus engen Flaschen und Röhren steht es mit den Befreiungsversuchen der Seesterne aus der Umzäumung mit Stecknadeln. Preyer (203) legte eine frische Asterias glacialis auf eine schwimmende oder am Boden liegende beschwerte Korkplatte und befestigte in den Scheitelpunkten der fünf Armwinkel, ohne das Tier zu verletzen, 7 *cm* hohe Stecknadeln. Das Tier befreite sich aus dieser Lage, indem zuerst ein Strahl zwischen den zwei Stecknadeln soweit als möglich vorrückte, worauf sich zuerst die zwei Nachbararme nachzogen und dann auch der übrige Körper. Dies geschieht auch, wenn die Nadeln sehr dünn sind; trotz ihrer Nachgiebigkeit wird keine Nadel geneigt. Sind aber die Nadeln kurz, so werden einzelne Arme über sie hinweggehoben. Manchmal erhebt sich das Tier auf die Kante und schiebt sich durch die nach langem Suchen ausfindig gemachte weiteste Öffnung zwischen den einzelnen Nadeln durch. Preyer erblickt in diesen Bewegungen die

Ausführung eines unverkennbar vorher gefaßten Befreiungsentschlusses und hält das ungleiche Verhalten eines und desselben Individuums für einen deutlichen Beweis des psychischen Anpassungsvermögens. Aber gerade das Gegenteil muß man daraus schließen. Wenn diese Bewegungen auf die Mitwirkung psychischer Tätigkeiten zurückzuführen wären, dann müßte eben bald die einfachste Art der Befreiung gefunden und dann diese festgehalten werden. Dies ist aber nicht der Fall. Denn daß sich der Körper zwischen den langen dünnen Nadeln durchzwängt, statt sie einfach niederzudrücken, ist doch sicher nicht die einfachste Art der Befreiung und kein Beweis von zweckmäßiger Überlegung. Und da bei der großen Anzahl der Saugfüßchen die aufeinanderfolgenden Berührungsreize fortwährend wechseln und somit auch im fortwährenden Wechsel verschiedenartige Reizwirkungen auslösen, bald Nachziehen, bald Heben, bald Wendungen der Arme, so muß die Befreiung in jedem einzelnen Falle auch bei demselben Tiere anders vor sich gehen. Also gerade die Annahme des Wirkens bloß physischer Ursachen erklärt das ungleiche Verhalten der einzelnen Individuen besser als die Annahme von psychischen Ursachen. Nur so ist es zu erklären, daß, wie Preyer (205) sagt, die Befreiung kaum zweimal nacheinander in derselben Weise stattfindet, und doch jedesmal mit voller Sicherheit. Wir haben es eben mit komplizierten Reflexen, Antwortbewegungen nach Goltz, zu tun, deren Ablauf ja immer wechselnd ist und doch mit voller Sicherheit erfolgt und eben deshalb generell zweckmäßig ist. Für diese Befreiung Bewußtseinserscheinungen und sogar Überlegung und Willensentschlüsse, also auf einer höheren Stufe des geistigen Lebens stehende psychische Tätigkeiten anzunehmen, ist nicht notwendig.

Über den Wert des Bewußtwerden einzelner Lebenserscheinungen wurde an geeigneter Stelle gesprochen.

IV. TEIL.

Die Würmer, Vermes.

A. Der Körperbau der Würmer.

Bei keinem Tierstamme gehen die Ansichten der Forscher über die Stellung des Stammes im Systeme so weit auseinander wie bei den Würmern. Die einen erklären es als fraglich, ob es überhaupt einen Stamm Vermes gibt, die anderen anerkennen ihn zwar, sind aber vollständig im Unklaren über seinen Umfang. Außer den Gliederfüßlern, Schlauchtieren und Stachelhäutern sind von verschiedenen Forschern alle wirbellosen Metazoën dazugezählt worden. Der Zug der neuen Zeit strebt mehr zur Beseitigung des Stammes hin, aber von den verschiedenen Versuchen, anderes an seine Stelle zu setzen, ist keiner allgemein anerkannt worden. Unter solchen Umständen halten wir es für das beste, den Namen des Stammes und die allgemein angenommenen Hauptgruppen beizubehalten und eine Anzahl kleinerer Gruppen an passender Stelle einzufügen.

Solche feststehende Gruppen sind:

I. Die Klasse der Plathelminthes, Plattwürmer, mit den Ordnungen:
- Turbellaria, Strudelwürmer,
- Trematodes, Saugwürmer,
- Cestodes, Bandwürmer, und
- Nemertini, Schnurwürmer;

II. die Klasse der Nemathelminthes, Rundwürmer, mit den Ordnungen:
- Nematodes, Fadenwürmer,
- Acanthocephali, Kratzwürmer, und
- Chaetognatha, Pfeilwürmer;

III. die Klasse der Annelides, Ringelwürmer, mit den Ordnungen:
- Chaetopoda, Borstenfüßler,
- Gephyrei, Sternwürmer, und
- Hirudinei, Blutegel;

IV. die Klasse der Rotatoria, Rädertiere.

Die Würmer sind Tiere, die sich von den Schlauchtieren und Stachelhäutern durch ihre Bilateralität, durch die Form des Nervensystems und das Vorhandensein besonderer paariger Exkretionsorgane, von den übrigen bilateralen Tieren aber insbesondere durch die innige Vereinigung der inneren Muskulatur mit der äußeren Haut des Körpers zum sogenannten Hautmuskelschlauch unterscheiden, dessen Anwesenheit die eigentümliche wurmförmige Bewegung bestimmt.

Die Form des Körpers ist entweder glatt oder zylindrisch, meist lang gestreckt, und immer ist eine Bauch- und eine Rückenfläche zu unterscheiden. Der Körper ist entweder gegliedert oder ungegliedert; bei den gegliederten Würmern (Anneliden) sind die Leibesglieder ursprünglich gleichartig, homonom, bei den höchstentwickelten aber vereinigen sich die beiden vorderen Glieder zum Kopfe mit Mundöffnung, Nervenganglien und Sinnesorganen.

Von den einzelnen Organsystemen beschreiben wir, dem Zwecke unserer Arbeit entsprechend, nur das Nervensystem mit den Aufnahmsorganen.

Das Nervensystem besteht aus zentralen und peripherischen Teilen. Die zentralen Teile bestehen aus einem am vorderen Körperende über dem Schlund gelegenen Ganglion (oberes Schlund- oder Gehirnganglion) und zwei starken, nach rückwärts verlaufenden und mit dem Gehirn verbundenen Strängen. Rücken die seitlichen Hälften des Ganglions auseinander, so wird es paarig und die beiden Ganglien sind durch eine untere und obere Brücke verbunden, wodurch ein den Munddarm umgebender Nervenring, der Schlundring, entsteht, wie bei den Schnur-, Faden und Ringelwürmern. Die zwei nach rückwärts verlaufenden Stränge liegen entweder seitlich, wie bei den Plattwürmern, oder am Bauche und bilden das Bauchmark, wie bei den Ringelwürmern. Sie vereinigen sich mitunter und bilden einen ungegliederten Bauchstrang, wie bei den Sternwürmern, oder sie nähern sich (Fig. 30) und sind durch viele Queräste miteinander verbunden, wodurch ein strickleiterartiges Gebilde entsteht. Die peripherischen Nerven gehen zum Teil vom Schlundganglion aus und verlaufen nach vorn, seitlich und zu den Sinnesorganen (Augen und Fühlern), zum Teil entspringen sie den nach rückwärts verlaufenden seitlichen Hauptsträngen oder dem Bauchmarke und verlaufen seitlich nach rechts und links.

Als spezifische Aufnahmsorgane für äußere Reize dienen

Tastorgane, Augen, Otolithenblasen und eine Reihe anderer mit Nerven ausgestatteter Organe, über deren Bedeutung keine einheitliche Ansicht besteht.

Als Tastorgane gelten Sinneszellen, Sinnesepithelien, Haare, Borsten und Cilien, Papillen, Fühlercirren und Fühler. Der Zusammenhang dieser Gebilde mit Nervenfasern läßt sich in den meisten Fällen direkt beobachten, nur bei manchen Sinneszellen, einzeln stehenden Haaren und Cilien ist die Verbindung mit Nerven nicht immer mit Sicherheit zu erkennen.

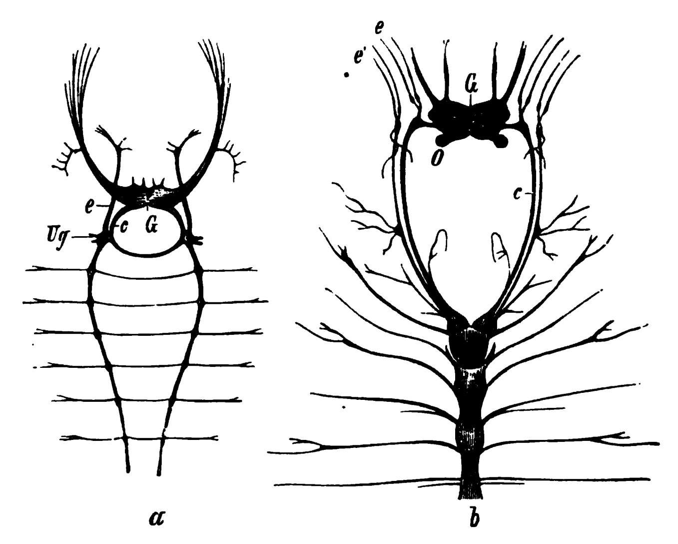


Fig. 30. Gehirn und vorderer Abschnitt der Ganglienkette von Serpula (*a*) und Nereis (*b*). Nach Quatrefages.

G Gehirnganglion, *Ug* unteres Schlundganglion, *c* Schlundcommissur, *ee'* Nerven für die Tentakeln und die Anhänge des Mundabschnittes, *O* Auge.

Einzelne Sinneszellen kommen ziemlich häufig vor. Bei den Schnurwürmern liegen sie im Epithel des Kopfes und des Schwanzendes. Es sind Zellen, die sich von eigentlichen Epithelzellen besonders dadurch unterscheiden, daß sie nicht einen Schopf von Cilien, sondern ein einziges borstenartiges Haar tragen. Einen Zusammenhang mit Nervenfäden konnte Bürger[1]) allerdings noch nicht nachweisen; aber wegen ihrer Gestalt, wegen des Borstenhaares und ihrer Lage an den tastenden Enden des Körpers hält

[1]) Bürger, Bronn, 4. B., Supplement, S. 177.

er sie für Sinneszellen. Bei anderen Würmern kommen Sinneszellen auch an anderen Körperteilen vor, z. B. in großen Gruppen beisammen stehend seitlich an den einzelnen Segmenten bei verschiedenen Borstenfüßlern; hier wurden sie auch für Geschmacksorgane erklärt.[1]) Zu ganzen Sinnesepithelien vereinigt sind mit Nerven ausgestattete Epithelsinneszellen in den sogenannten Wimpergruben, die bei verschiedenen Würmern, und den Kopfspalten, Kopffurchen, Cerebral- und Frontalorganen, die bei den Schnurwürmern vorkommen.

Cilien, Haare und Borsten sind allgemein verbreitet. Bisweilen stehen solche Gebilde gruppenweise beieinander, entweder in Vertiefungen oder auf warzenartigen Erhebungen (Papillen) der Haut.

Fühler kommen sehr häufig und oft in größerer Zahl vor (Sabelliden, Terebelliden). Fühlercirren sind nicht so häufig wie Fühler; es sind gewöhnlich mit Epithel ausgekleidete Ausstülpungen der Körperwand, in die sich ihre Muskelschichten fortsetzen (wie bei den Schnurwürmern) oder auch kurze glänzende Stäbchen oder Kölbchen, an deren Basis eine Nervenfaser tritt (wie bei den Alciopiden).[2])

Augen kommen bei den Würmern sehr häufig vor, in allen Ordnungen, mit Ausnahme der Bandwürmer und Kratzwürmer, und zwar in verschiedener Zahl (gewöhnlich zwei, bei manchen Schnurwürmern aber gegen hundert), an verschiedenen Körperstellen (gewöhnlich am Kopfe, aber auch an den Körperringen, bei Amphicorina sogar zwei Paar an jedem Leibesglied) und in verschiedener Ausbildung. Im allgemeinen besteht das Auge aus einer Pigmentschale, die einen lichtbrechenden Körper umschließt, und aus einer Ganglienzelle oder einer Ganglienschichte, die durch Nervenfasern mit dem Gehirn in Verbindung steht. Bei den Borstenfüßlern kommt noch ein gallertiger Glaskörper hinzu. Die höchste Entwicklung zeigt das Auge der Alciopiden; und da dieses in der Stufenreihe der Entwicklung das erste Auge ist, das nicht bloß zur Aufnahme von Licht, sondern auch zur Erzeugung von Bildern auf einer Netzhaut geeignet erscheint, soll es etwas ausführlicher beschrieben werden, um eben beurteilen zu können, ob aus dem Bau ein Analogieschluß

---

[1]) Claus, Lehrbuch der Zoologie, 6., 1897, S. 402.

[2]) Vgl. Bronn-Bürger, 4. Bd. Supplement, S. 74.

auf das Vorhandensein von Empfindungen oder Gestaltwahrnehmungen gezogen werden darf.[1])

— Die Alciopiden sind pelagische Meerestiere, die fast ununterbrochen an der Oberfläche des Meeres umherschwimmen und wahrscheinlich eine räuberische Lebensweise führen. Hierin mag der Grund für die mächtige Entwicklung der Augen liegen; denn Ringelwürmer, die, wie z. B. die Phyllodocen, am Grunde des Meeres

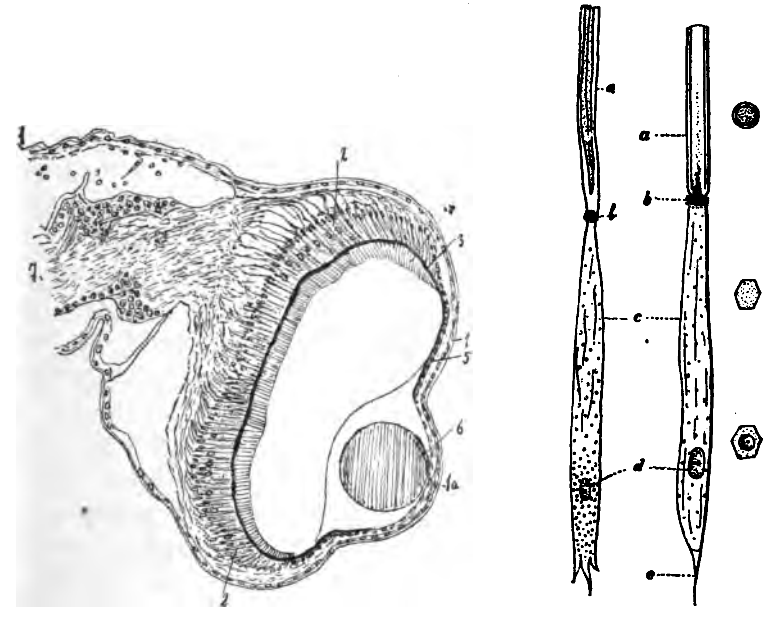


Fig. 31. Schnitt durch ein Auge und das Gehirn einer Alciopide (Callizona Grubei). Nach Carrière.

1 Epithel, 1a Cornea, 2 Retinazellen, 3 Pigmentzone, 4 Stäbchen, 5 Pigmentzellen als Fortsetzung der Retinazellen, 6 Linse, 7 Gehirn und Opticusganglion.

Daneben isolierte Sehzellen mit Stäbchen, links vom Nauphanta celox, rechts vom Callizona Grubei. *a* Stäbchen, *b* Pigment, *c* Zellkörper, *d* Kern, *e* Nervenfaser.

leben, haben nur einfach entwickelte Augen, bloße Pigmentflecken mit oder ohne lichtbrechenden Körper. Die Augen der Alciopiden (Fig. 31) sitzen beiderseits am Kopfe, nach innen dem oberen Schlundganglion direkt anliegend und nach außen kugelig über die ersten schmalen Körpersegmente vordringend. Das Auge besteht

[1]) Vgl. dazu R. Greef, Nova acta d. Carol. Leop. Acad. 39; Dresden 1877, und Carrière, die Sehorgane der Tiere, München und Leipzig 1885, S. 30 f.

aus einem nahezu kugeligen, am äußeren Pole etwas stärker gekrümmten Augapfel, der von drei Häuten umhüllt ist, nämlich von der äußeren ziemlich dicken Körperhaut, einer nach innen folgenden viel feineren, vorn der Cornea entsprechenden Haut und der sehr breiten Netzhaut. Die beiden äußeren Häute sind vollkommen durchsichtig. Die Netzhaut besteht aus vier Schichten, und zwar folgen von innen nach außen: 1. die Stäbchenschichte, 2. die Farbschichte, 3. die Säulenschichte und 4. die Nervenfasernschichte. Die Stäbchenschichte besteht aus zylindrischen Röhren, deren Achsenkanal von einem weichen, durch Farbkörner gefärbten Inhalt erfüllt ist. — Die Farbschichte besteht aus vielen mosaikartig nebeneinander liegenden braunen oder gelbroten Farbkörpern, die Säulenschichte aus langgestreckten, dicht beieinander stehenden Zellen, von deren innerem, etwas zugespitztem Ende ein Nervenfaden ausgeht. Dieser dringt durch den Farbkörper in das Stäbchen ein, verläuft in dessen Achsenkanal und wird von dem röhrenartigen Stäbchen wie von einer Stützscheide umgeben. Von dem äußeren Ende der Säulchen gehen gleichfalls Nervenfäden aus und diese bilden die vierte, die Nervenfasernschichte. Die Nervenfasern entspringen direkt ohne Vermittlung eines Sehnerven dem Gehirnganglion. Die Säulenzelle kann als die eigentliche Sehzelle bezeichnet werden, die mit dem in das Stäbchen übergehenden Nervenfaden den Lichtreiz empfängt und ihn der Optikusfaser und durch diese dem Gehirnganglion übermittelt. Im Innenraum des Auges liegt die Linse und der wässerige Glaskörper. Die Linse ist vollkommen durchsichtig, legt sich, wie es scheint, ohne Zwischenraum der inneren Kornea an und wird in ihrer Lage durch eine ziemlich dicke, durchsichtige Kapsel umschlossen. Der ganze übrige Hohlraum zwischen Linse und Netzhaut wird von einer Flüssigkeit, dem Glaskörper, erfüllt. Von allen den Augenformen, die wir bisher kennen gelernt haben, ist das Alciopidenauge das am höchsten entwickelte.

Sogenannte Gehörorgane kommen bei den Würmern im Vergleiche mit den Augen ziemlich selten vor. Unter den Strudelwürmern sitzt bei Opisthomiden, z. B. Monocelis agilis M. Sch., ein kleines Gehörbläschen direkt dem Ganglion auf. Unter den Bandwürmern hat Linton[1]) bei Otobothrium crenacolle (Fig. 32) kleine,

[1]) Vgl. Bronn, IV. B., 1. Abt. b, pag. 1300; Linton E., Notes on Entozoa of marine fishes of New England. Un. St. comm. of fish and fisheries. P. XV Report of the Comm. for 1887; Washington 1891, pag. 719—899.

lappenförmige, mit Härchen bedeckte Gebilde als Gehörorgane beschrieben. Unter den Schnurwürmern kommen bei Oerstedtia pallida zwei Otolithenblasen am Kopfe vor, ferner bei Ototyphlonemertes duplex, brunnea und macintoshi. Bei Ototyphlonemertes-Arten (Fig. 33) sitzen die Gehörbläschen am Bauchganglion auf. Es sind kugelige oder eiförmige Blasen, deren Wand im Innern glatt ist, also keine



Fig. 32. Das sogenannte Gehörorgan von Otobothrium crenacolle. Nach Linton.

Wimpern trägt. Das Innere ist entweder fast ganz oder nur unvollständig von einem stark glänzenden und lichtbrechenden Otolithen erfüllt.[1]) Den Rundwürmern und Rädertieren fehlen Gehörorgane vollständig. Unter den Borstenfüßlern kommen Gehörorgane als paarige Otolithenblasen am Schlundringe bei Alciopiden, Arenicoliden, einigen Sabelliden (Amphicorina, Fabricia) und jungen Terebelliden vor.

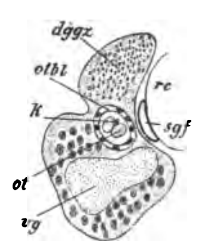


Fig. 33. Querschnitt aus der hinteren Gehirngegend von Ototyphlonemertes duplex. Nach Bürger.

dggz dorsaler Ganglienbelag, *otbl* Otolithenblase, *ot* Otolith, *k* Kern, *vg* zentrales Ganglion, *sgf* Seitengefäß, *rc* Rhynchocoelom.

Als Geschmacksorgane werden von Greef (a. a. O.) eigentümliche, kolbenartige, zwischen den Epithelien der inneren Schlundwand liegende Gebilde betrachtet, die mit dem verdickten Ende der Schlundhöhle zugewendet sind, mit ihrem fadenförmigen äußeren Ende aber mit einer Zellage in Verbindung zu stehen scheinen.

[1]) Bronn, 4. B., Supplem., pag. 173.

Nach der eigentümlichen Form und Lage dieser Organe ist Greef geneigt, sie für Geschmacksorgane zu halten, ohne jedoch den Beweis für diese Auffassung erbringen zu können.

Endlich kommen bei den Würmern noch eine Reihe von Gebilden vor, die als Sinnesorgane gedeutet werden, ohne daß jedoch über ihre besondere Verrichtung eine einheitliche Ansicht bestünde;

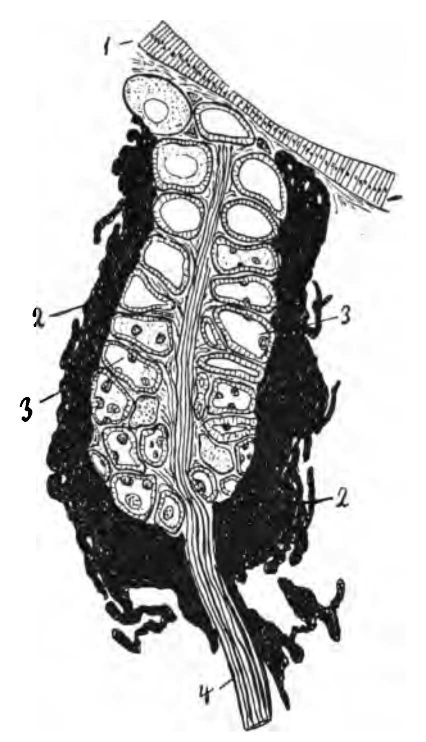


Fig. 34. Sagittalschnitt durch das becherförmige Organ von Hirudo medicinalis. Nach Carrière.

1 Epithel, 2 Pigmenthülle, 3 Innenkörper, 4 Nervenstrang.

nämlich 1. eigentümliche, mit Wimpern versehene Gebilde und 2. die sogenannten becherartigen Organe.

Die mit Wimpern versehenen Organe kommen bei manchen Strudelwürmern und Borstenfüßlern unter dem Namen Wimpergruben und bei vielen Schnurwürmern vor, bei denen sie Bürger unter den Namen Kopffurchen, Kopfspalten, Cerebralorgane, Seitenorgane Frontalorgane sehr ausführlich beschreibt. Im allgemeinen sind es

teils an der Oberfläche, teils im Innern des Körpers gelegene Vertiefungen der Haut, die im einzelnen zwar eine sehr verschiedene Gestalt, aber alle das Gemeinsame haben, daß sie mit Wimperzellen ausgekleidet und mit Nerven versehen sind. Quatrefages vergleicht sie mit den Räderorganen der Rädertiere und meint, daß sie wie diese Strömungen im Wasser und mit ihnen Nahrung herbeiführen. Gewöhnlich aber werden sie für Geruchsorgane gehalten.

Endlich sind noch die eigentümlichen becherartigen Organe (Fig. 34) bei einzelnen Borstenfüßlern, Blutegeln und Sternwürmern zu erwähnen, die namentlich bei den letzteren gut entwickelt sind und in großer Zahl vorkommen, und zwar an jedem Körpersegmente 6 an der Bauch-, 6—8 an der Rückenseite, und somit ebensoviele, sich über den ganzen Körper hinziehende Längsreihen bilden. Sie bestehen im allgemeinen aus einem axialen, von einigen großen Zellen umgebenen Nerv und aus langgestreckten, aus dem Hypoderma hervorgegangenen Sinneszellen, den sogenannten Innenkörpern. Ähnliche, nur viel größere Organe am Kopfe der Blutegeln, bei Hirudo medicinalis in der Zahl 10 vorhanden, wurden früher als Augen gedeutet, aber ihr Bau läßt diese Deutung nicht zu.[1])

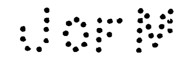
B. Die Lebenserscheinungen der Würmer.

1. Die Erscheinungen des Stoffwechsels.

Nahrungsaufnahme und Nahrungsumsatz. Eine Mundöffnung zur Aufnahme der Nahrung ist bei den meisten Würmern vorhanden. Nur einigen Entoparasiten, wie den Band- und Kratzwürmern, fehlt sie. Bei diesen tritt die Nahrung durch die Haut endosmotisch in den Körper ein. Alle anderen nehmen sie mit dem Munde auf, wobei verschiedene Einrichtungen mithelfen. Zum Ergreifen und Festhalten der Nahrung dienen Haken und hakenartige Papillen in der Nähe des Mundes oder in der Mundhöhle, z. B. bei den Fadenwürmern. Andere, wie die Saugwürmer und Blutegel, haben einen Saugnapf oder saugnapfähnlichen Schirm. Beim Gebrauche wird der Saugnapf an die Haut des Beutetieres angedrückt und nun die innere Fläche, der Boden des Saugnapfes zurückgezogen. Dadurch entstünde unter dem Saug-

---

[1]) Leydig, Augen und neue Sinnesorgane der Egel. Archiv f. Anat. u. Physiol 1861; Ranke, Beiträge zur Lehre von den Übergangsorganen. Zeitschrift f. w. Zoolog., 15. B., 1875; Carrière, a. a. O.



napfe ein luftleerer Raum, wenn nicht infolge des äußeren Luftdruckes das Blut und die Gewebsflüssigkeit sofort nachdringen würde. Das in die Mundhöhle gelangende Blut wird durch den Schlundkopf in den Magen übergepumpt. Vollgesogene Tiere fallen von selbst ab. Bei manchen Blutegeln ist am Grunde des Saugnapfes noch ein sägeartiger Kieferapparat, mit dem die Haut des Tieres, an das sie sich mit dem Saugnapf angeheftet haben, verwundet und somit das Ausströmen des Blutes erleichtert wird. Sehr viele Würmer haben teils zum Ergreifen der Nahrung, teils auch zu anderen Zwecken einen Rüssel, der hervorgestreckt und eingezogen werden kann. Oft ist der Rüssel noch mit eigentümlichen Waffen versehen, die das Ergreifen der Beute erleichtern; bei den Schnurwürmern z. B. ist er mit einem stilettartigen Stachel besetzt. Max Schultze sah wiederholt, wie das nur 2 *mm* lange, in der Ostsee vorkommende Tetrastemma obscurum seinen Rüssel mit blitzartiger Schnelligkeit bis an das Stilett hervorstieß und damit kleine Tiere, wie z. B. Flohkrebse, verwundete. „Ist das zu ergreifende Tier angespießt, so wird der Rüssel allemal wieder zurückgebracht, ohne jedoch seine Beute loszulassen, und nun kriecht der ganze Nemertine durch die vermittels des Rüssels gemachte Öffnung in das verwundete Tier hinein, um dasselbe auszufressen. Von Crustaceen bleibt nur das hohle Chitinskelett zurück. Nicht selten versammeln sich um ein so gespießtes größeres Tier mehrere Nemertinen, welche von verschiedenen Seiten ihren Angriff mit dem Rüssel ausführen und sich dann in die Beute teilen. Sehr geschickt wissen sie zur Einbohrung des Stilettes die weichere Bauchseite des Tieres zu wählen.“ Bei manchen Würmern, z. B. Prostomiden, Phyllodociden und Alciopiden, ist der Rüssel mit Papillen, bei manchen Polychaeten, z. B. den Glyceriden, mit einem gezähnten Kieferapparat besetzt. Bei manchen Würmern, die keinen Rüssel haben, ist mitunter der Schlund vorstreckbar wie ein Rüssel, z. B. bei den dendrocoelen Strudelwürmern und vielen Ringelwürmern. Bei den ersteren ist das äußerst dehnbare Schlundorgan im Zustande der Ruhe gänzlich zurückgezogen. Schickt sich das Tier zum Fressen an, so wird das Schlundorgan vorgestreckt und macht ganz den Eindruck, als ob es für sich lebendig wäre; wenn es abgetrennt wird, setzt es wie ein selbständiges Wesen seine Bewegungen geraume Zeit fort, öffnet sich und schluckt und schlingt noch.

Bei den Ringelwürmern, z. B. den Errantien, trägt der Schlund wie ein echter Rüssel auch eine kräftige Bewaffnung. Bei anderen ist der Schlundkopf unbewaffnet und kann bloß (wie bei den Sipunculiden) mittels eigener Muskeln eingezogen werden, wobei dann auch die schon im Munde befindliche Nahrung mitfolgt. Die Pfeilwürmer haben an der Mundöffnung zwei an Scheuklappen erinnernde Falten, deren freies Ende mit starken, wie Kiefer wirkenden Borsten eingefaßt ist. Mit diesem Kieferapparat schlagen sich die Würmer (z. B. Sagitta) in die Gewebe anderer Meerestiere (Medusen, Salpen u. a.) ein und halten sie fest. Bei Polychaeten kommen zum Ergreifen Haken und Kiefer vor, bei Nereis versicolor z. B. zwei Kiefer, die wie eine Zange wirken. Die Oligochaeten haben solche Greiforgane nicht, sondern nur lippenartige Kopflappen, die zum Ergreifen der Nahrung dienen. Viele von ihnen, wie die meisten Lumbriciden, Regenwürmer, füllen ihren ganzen Darm mit humusreicher Erde, um die darin enthaltenen, in der Zersetzung begriffenen tierischen und pflanzlichen Stoffe als Nahrung zu verwenden Manchen, wie z. B. dem gewöhnlichen Regenwurm (Lumbricus terrestris), genügt die humusreiche Erde allein nicht; sie ziehen verschiedene Stoffe, Strohhalme, Federn, Blätter, Papierstreifen in die Erde. Dabei zeigen sie eine große Muskelkraft. Ein stärkerer Strohhalm wird in der Mitte gefaßt und so stark angezogen, daß er zusammenknickt, und sodann wird er in das Loch hinabgezogen; ein an der Spitze gefaßtes grünes Blatt von einer Himbeerstaude wurde abgerissen.[1])

Eine eigentümliche Art, seine Beute zu fangen, hat Mesostomum Ehrenbergi. Es bildet durch Anlegen des hinteren Endes an das vordere und Umbiegen der Seitenränder eine Höhle, in der Daphnien und Cypriden gefangen werden. Zuerst tobt der gefangene Krebs, bald aber gelingt es dem Wurm, den mächtigen Schlundkopf an den Gefangenen anzusetzen und ihn in den Mund hineinzuziehen, worauf sich der Wurm wieder ausstreckt. Oft bemerkte Brehm (149), wie sich noch ein zweites Mesostomum hinzugesellte und von ihm friedlich einen Beuteanteil herausbekam.

Die Rädertiere setzen sich bei der Nahrungsaufnahme mit Hilfe ihrer zwei zangigen Fußenden fest, strecken den Kopfteil vor und beginnen das Spiel der Ruderorgane. Dieses ist meist ein Wimpernkranz am Vorderende des Körpers, durch dessen rasche

[1]) Brehm 87, nach W. Hoffmeister.

Bewegung kleine Körperchen, darunter auch Infusorien, Diatomeen und andere den Rädertieren als Nahrung dienende Organismen in die Nähe des Körpers herbeigestrudelt werden. Eine zweite Reihe von zarten Wimpern, die von dem Rücken aus zu der an der Bauchseite des Ruderorganes gelegenen Mundöffnung führt, leitet die von dem Strudel des Wimperorganes erfaßten Nahrungskörper in die Mundöffnung hinein.

Die Nahrung ist meist an und für sich schon flüssig und weich genug; jene, welche härtere Nahrung zu sich nehmen, haben oft einen eigentümlichen Kauapparat. Bei den Fadenwürmern z. B. schwillt der an den Mund anschließende Oesophagus an seinem Ende zu einem muskulösen Abschnitt, dem Kaumagen, an, dessen stark cuticularisierte Innenwand zum Zerreiben der Nahrung dient. Bei den Rädertieren führt der Mund in einen Schlundkopf, der zwei mit Kauleisten bedeckte Chitinplatten trägt; diese klappen beständig gegeneinander und zerkleinern die dazwischen geratene Nahrung. Die Nahrung wird sodann im Darmrohr verdaut. Bei den Rädertieren kann man sehen, wie die zerkleinerte Nahrung durch die Wimperbekleidung der Darmwandung in einer kreisenden Bewegung erhalten wird. Es wird dadurch die peristaltische Bewegung des Magens und Darmes bei den höheren Tieren ersetzt. Die unverdaulichen Nahrungsreste werden durch den After oder, wo dieser fehlt, wie bei den Strudel-, Saug- und Fadenwürmern, durch den Mund entleert.

2. Die Erscheinungen des Formwechsels.

Die Lebensverhältnisse, unter denen die Würmer leben, sind viel mannigfaltiger als die aller früher beschriebenen Tierstämme und haben zu weitgehenden phylogenetischen Anpassungen und zu einer bunten Mannigfaltigkeit der Formen geführt. Schon die große Verschiedenheit der Wohnorte zeugt für eine bedeutende Anpassungsfähigkeit. Es gibt parasitisch und frei lebende Würmer, von den ersteren wieder ekto- und entoparasitische. Ektoparasiten sind die monogenetischen Trematoden. Die Polystomeen z. B. leben auf der Haut von Wassertieren. Auch unter den Blutegeln und Fadenwürmern gibt es viele Ektoparasiten. Weit größer ist die Zahl der Entoparasiten: sämtliche Band- und Kratzwürmer, die digenetischen Saugwürmer und viele Fadenwürmer. Sie schmarotzen zum Teil in Pflanzen (in Pflanzensäften, -früchten, -wurzeln, auf Pilzen



usw.), zum Teil in Tieren, und zwar in Tieren aus fast allen Tierstämmen und in fast allen Geweben und Organen; in der Haut (Filariden), in den Muskeln (Trichina und viele Bandwürmer), im Verdauungskanal, und zwar sowohl in der Speiseröhre als auch im Magen und im Darm (viele Faden- und Bandwürmer), in der Leber und in den Gallengängen (Distomiden), im Blute (Filaria sauguinis hominis und manche Distomiden, z. B. Bilharzia haematobia), in der Luftröhre (Strongyliden), in der Lunge (Distomiden), in den Kiemen (Distomiden), in der Linse und im Glaskörper des Auges (Monostomum lentis und Distomum ophthalmobium), im Gehirne (Coenurus cerebralis); und der Hülsenwurm, Taenia echinococcus, verschont kein menschliches Organ, sogar die Knochen werden manchmal von ihm befallen.

Die frei lebenden Würmer wohnen entweder im Wasser oder auf dem Lande, die ersteren entweder im salzigen oder im süßen Wasser, jene meist in der Nähe der Küsten, aber auch auf hoher See, und zwar zumeist an der Oberfläche des Meeres, wie die Alciopiden und Heteronereiden; manche gehen auch in die Tiefe und Borstenfüßler wurden sogar bis zu 4300 *m* Tiefe gefunden. Die an den Küsten wohnenden Würmer schwimmen entweder frei herum oder sie halten sich meist im Schlamme, im Sande, zwischen Steinen und Korallen, in Felsritzen und unter Steinen auf. Die Würmer des süßen Wassers leben in Quellen, Bächen, Flüssen, Brunnen, Teichen und Seen. Die landbewohnenden Würmer leben zumeist in der Erde oder im Sande, manche unter Baumrinden (Geodesmus terrestris von den Turbellariden), einige auch auf Bäumen (Sphyrocephalus dendrophilus von den Turbellariden) und manche Blutegel, z. B. Hirudo ceylonica, leben auf Wiesen im Grase, in Wäldern auf Bäumen und Sträuchern und unter abgefallenem Laube.

Wie an verschiedene Wohnorte, so haben sich die Würmer auch an verschiedene Nahrung angepaßt. Die Nahrung der Parasiten ist ebenso verschieden wie die Organe, in denen sie leben. Die frei lebenden sind teils Pflanzenfresser, teils Raubtiere.

Entsprechend dieser Verschiedenheit des Wohnortes und der Nahrung ist auch die phylogenetische Anpassung eine ungemein weitgehende und hat zur Ausbildung hoch entwickelter Organsysteme geführt, und auch eine ungemein bunte Mannigfaltigkeit

von Formen erzeugt, so daß es schwer ist, die Würmer in ein System zu bringen.

Als Folgen der phylogenetischen Anpassung und Vererbung sind auch die große Lebensfähigkeit vieler Würmer und das Vermögen, verloren gegangene Körperteile wieder zu ersetzen, zu bezeichnen. Die Lebenszähigkeit mancher Würmer ist in der Tat eine ungemein große, insbesondere bei manchen Fadenwürmern und Rädertieren. Baker z. B. hat beobachtet, das Anguillula tritici, das Weizenälchen, nach 27 jähriger Aufbewahrung im Trockenen noch zum Leben erweckt werden konnte. Rädertiere ziehen sich, wenn die Tümpel und Lachen, die sie bewohnen, austrocknen, zu einer Kugel zusammen und trocknen, an ein Sandkorn oder ein Pflänzchen angeklebt, zu einem undurchsichtigen, unförmlichen Stäbchen ein. Werden sie nun von dem Winde mit dem Staube ergriffen, so werden sie weithin zerstreut und bleiben sie längere Zeit an trockenen Orten liegen, so steht ihr Leben zeitweilig still; gelangen sie aber wieder an feuchte Orte oder in Wasser, so schwellen sie an, der fernrohrartig eingezogene Fuß, ebenso der Kopf mit dem Ruderorgan werden ausgestreckt und das Tier beginnt wieder seine Lebenstätigkeit.

Auch die Regenerationsfähigkeit ist eine große. Bei manchen Würmern, wie Strudel- und Fadenwürmern, wurde beobachtet, daß sich Stücke des Leibes wieder zum normalen Tiere ergänzen, und bei Ringelwürmern können verloren gegangene Teile, insbesondere das hintere Körperende und verschiedene Körperanhänge, wieder ersetzt werden. Selbst der Kopf und das vordere Körpersegment mit Gehirn, Schlundring und Sinnesapparat können von den Lumbriciden und einigen Meereswürmern (Diopatra, Lycaretus) wieder ersetzt werden.

Formveränderungen, die man als Erscheinungen der individuellen Anpassung bezeichnen könnte, sind bisher keine beobachtet worden.

Von den Erscheinungen der ontogenetischen Entwicklungsreihe sind zunächst die Vorgänge bei der Begattung von Wichtigkeit, die bei verschiedenen Würmern beobachtet wurden. Die Begattung bei Polystomum integerrimum hat Zeller[1]) beobachtet.

---

[1]) Zeller, Weitere Beiträge zur Kenntnis der Polystomeen; Zeitschr. für wissensch. Zoologie, 27. B., 1876, 252; vgl. Bronn, 4. B., 1. Abt. a., S. 494 ff.

Die Tiere sind mit ihren Haftorganen an der Wand der Harnblase von Fröschen befestigt und bewegen sich mit ihrem freien Körper lebhaft hin und her und betasten sich mit den Kopfenden. „Plötzlich saugt sich dann eines der Tiere an der Rückenfläche des anderen mittels seines Mundsaugnapfes an, indem es diesen zwischen den beiden Seitenwülsten aufsetzt, drückt dann seine äußere Geschlechtsöffnung gegen einen der Seitenwülste und häkelt sich hier mittels des Krönchens seines Penis fest, wobei es dasselbe in eine der zahlreichen Mündungen des Seitenwulstes einführt. Das auf solche Weise gefaßte Tier wendet sich nun seinerseits gegen seinen Genossen, saugt sich in der gleichen Art auf dessen Rücken an, setzt seine Geschlechtsöffnung respektive seinen Penis auf den entsprechenden Seitenwulst desselben auf und hakt sich fest. In dieser gegenseitigen Vereinigung bleiben die Tiere $^1/_4$—$^1/_2$ Minute und führen dabei beständig kurze, rüttelnde Bewegungen aus. Dann lassen sie los, erst mit dem Saugnapf, dann mit dem Penis, um nach kurzer Zeit das Spiel von neuem zu beginnen; dazwischen legen sie Eier in größerer oder geringerer Zahl ab."

Von Diplozoon paradoxon vereinigen sich zwei geschlechtsreife Individuen so miteinander, daß jedes Individuum mit seinem Saugnapf den Rückenzapfen des andern umfaßt. Diese Stellung ist nach Zeller[1]) eine permanente Begattungsstellung, indem das Vas deferens des einen Tieres direkt mit der Scheidenmündung des anderen verbunden ist, so daß die Begattung wie bei Polystomum eine gleichzeitige und gegenseitige ist. Derartige bleibende Vereinigungen kommen auch bei anderen Würmern vor. Bei Hedruria androphora (unter den Nematoden) umschlingt das Weibchen das Männchen spiralig und wird von diesem getragen. Bei Bilharzia haematobia (Distomiden) bildet das Männchen durch Einrollen der Seitenränder seines Körpers einen unvollkommen geschlossenen, an der Bauchseite gelegenen Kanal, in dem meist das schlankere Weibchen eingebettet ist. Auch bei Syngamus trachealis (Strongyliden) werden die geschlechtsreifen Tiere, die in der Luftröhre verschiedener Vögel vorkommen, immer so angetroffen, daß das Männchen mit dem napfartigen Kopulationsorgane an der Geschlechtsöffnung des Weibchens befestigt ist. Ähnlich ist es auch bei anderen Strongyliden, bei Dochmius equinum und bei Dochmius duodenale.

[1]) Zeller, Über den Geschlechtsapparat von Diplozoon paradoxon; Zeitschrift f. wissensch. Zoologie, 46 B., 1888, S. 233—239; Bronn 495.

Bei Holostomum serpens (digenet. Trematoden) hat Nitzsch[1]) die Begattung beobachtet: „Sie befruchten sich gegenseitig, indem sie sich mit der hinteren Öffnung durch eine Art Rute vereinigen. Jedes Individuum eines kopulierten Paares agiert in beständiger Abwechslung bald männlich, bald weiblich, ohne daß ihre Verbindung während dieses Wechsels gelöst wird, wie ich dieses merkwürdige Schauspiel an zwei kopulierten Paaren fast eine Stunde lang beobachtet habe."

Bei Monostomum faba Brems. hat Miessher[2]) beobachtet, „daß der papillenförmige männliche Cirrus des einen Individuums in die Vulva des anderen hineinragt und dieselbe verstopft." Sehr häufig fand Miessher die Begattung gegenseitig. Sobald der Cirrus aus der Vulva entfernt wird, treten aus der letzteren Eier hervor.

Bei Distomum clavigerum hat Looss[3]) gegenseitige Begattung beobachtet: „Die Tiere liegen hier nebeneinander, mit dem Kopfe nach derselben Seite hin, dabei natürlich das eine mit der Rückenseite nach oben, das andere mit derselben nach unten. Der Zusammenhang scheint ein ziemlich fester zu sein; denn trotz des Druckes, den das Deckgläschen bei der Beobachtung ausübte, zog das eine Tier das andere nach allen Richtungen mit sich fort, sie drehten sich umeinander und selbst die schließliche Abtötung in Sublimat störte die Verbindung nicht. ... der Penis ist bei beiden Individuen in die weibliche Geschlechtsöffnung (i. e. Uterusmündung) des andern eingeführt, diese selbst schließt mit ihren Wandungen dicht an den eingedrungenen Körper an und erweitert sich erst weiter hinten bedeutend, um schließlich ziemlich plötzlich sich in den Leitungsapparat (Uterus) zu verengen."

Bei Distomum cylindraceum hat Linstow gegenseitige Begattung beobachtet: „Zwei Exemplare von Distomum cylindraceum aus der Lunge des Frosches hafteten mit den Bauchflächen aneinander, und zwar waren sie mit den Bauchsaugnäpfen so verbunden, daß die Längsachsen der Körper einen spitzen Winkel miteinander bildeten", wobei „der Cirrus des einen Exemplares in die Vagina,

[1]) Nitzsch in Ersch und Grubers allgemeiner Enzyklopädie der Wissenschaften und Künste; 3. Teil, Leipzig 1890, Artikel Amphistoma; Bronn 4. Bd., 1. Abt. a., S. 746.

[2]) Miessher, Beschreibung und Untersuchung des Monostomum bijugum, Basel 1838, S. 18; Bronn, 4. B., 1. Abt. a. S. 747.

[3]) Looss, Beiträge zur Kenntnis der Trematoden; Zeitschrift für wissensch. Zoologie, 41. B., 1885; Bronn, 4. B., 1. Abt. a., S. 750.

das heißt das Ende des Eileiters oder Uterus des andern tief eingedrungen war und umgekehrt.“[1])

Bei Distomum cirrigerum hat Zaddach[2]) Selbstbegattung beobachtet. Er sah, „daß der Cirrus sich direkt mit seiner Spitze in die benachbarte Mündung des Uterus hineinschob, wobei ein Samenerguß erfolgte. Dann rollte er sich, indem er sich erst langsam etwas zurückzog, weiter ab und drang nun in vollständiger Erektion tief in den Eileiter hinein bis zur ersten Krümmung desselben und damit erfolgte ein neuer sehr heftiger Samenerguß.“ Der Cirrus blieb in seiner Stellung mehrere Stunden hindurch, wobei das Sperma aber spärlicher floß, bis die Samenblase etwa zur Hälfte entleert war.

Bei Acanthocephalen wird bei der Begattung das hintere Ende des Weibchens mit der glockenförmigen Kopulationstasche des Männchens umfaßt, in die der Penis vorgestülpt werden kann.

Bei Oligochaeten geschieht die Begattung derart, daß sich die Individuen mit ihrer Bauchseite aneinander legen, und zwar in verkehrter Richtung, so daß die Öffnung der Samentasche des einen dem Gürtel des anderen gegenübersteht. Während der Begattung fließt das Sperma aus den Öffnungen der Samenleiter aus, gelangt in einer Längsrinne bis zum Gürtel und von da in die Samentasche des andern Individuums. Unter den Sternwürmern wurde bei Bonellia viridis Rolando beobachtet, daß sich die planarienartigen Männchen in den Leitungswegen des weiblichen Geschlechtsapparates aufhielten.

Bei den Blutegeln heften sich die beiden Individuen mit den hinteren Saugscheiben fest und legen sich Bauch an Bauch, aber in verkehrter Lage des Körpers. Dabei tritt aus den männlichen Geschlechtsorganen eine Spermatophore aus, welche entweder in die Scheibe des andern Tieres aufgenommen oder wenigstens in der Geschlechtsöffnung festgeklebt wird.

Auch die Ablage der Eier ist mitunter von interessanten Erscheinungen begleitet. Von Thaer[3]) wurden sie bei Onchocotyle

---

[1]) Vgl. Bronn, 4. B., 1. Abt. a. S. 751.

[2]) Zaddach, Über die im Flußkrebse vorkommenden Distomum cirrigerum v. Baer und Distomum isostomum Rud. Zoolog. Anzeiger, 4 Jahrg. 1881. Bronn, 4. B., 1. Abt. a., S. 749.

[3]) Thaer, Über Polystomum appendiculatum. Müllers Arch. f. Anat., Phys. 1850, S. 629; Bronn 4. B., 1. Abt. a., S. 499.

appendiculata direkt beobachtet: Das Tier speit zuerst gleichsam als Bett für die Eier eine Masse Darmkot aus, dann krümmt es sich bauchwärts, biegt sich dann plötzlich stärker rückenwärts und stößt so das vorderste Ei hervor. Dieses wird mit dem nachfolgenden Faden von dem Tiere sehr geschickt um die Saugscheibe gewickelt und dort festgeheftet. Alsdann bleibt das Tier in einer beständigen Bewegung des Streckens und Zusammenziehens und zieht so in kurzer Zeit alle Eier heraus. Diplozoon paradoxon stößt seine Eier rasch, fast mit einem Ruck, heraus;[1] Polystomum integerrimum drängt, um seine Eier ins Wasser zu bringen, seinen Vorderleib mit der äußeren Geschlechtsöffnung durch die Harnblase des Frosches hindurch bis in die Kloake nahe zum After, aber nicht durch den After hinaus.[2]

Die Eier liegen, nachdem sie den Mutterleib verlassen haben, entweder frei im umgebenden Medium oder sie werden befestigt, von Parasiten z. B. an die betreffenden Organe der Wirte, oder sie werden von dem Muttertiere mit besonderen schützenden Umhüllungen umgeben, wie z. B. von den Blutegeln; diese bohren sich nach der Begattung in feuchter lockerer Erde über dem Wasserspiegel mit dem Kopfe Gänge, um die Eier abzulegen. Diese werden von einem Kokon von der Größe und Gestalt einer Eichel umgeben. „Der Egel läßt zu diesem Zwecke eine schleimige, zusammenhängende grüne Feuchtigkeit aus seinem Munde fahren und zieht sich bis zur Mündung des Eierganges durch diese ringförmige Hülle durch, welche nur so lang ist, wie die Kapsel werden soll. In dieselbe werden mit einer grünlichen oder bräunlichen Masse 10—16 kleine mit bloßem Auge nicht bemerkbare Dotterchen gelassen. Zu gleicher Zeit macht er mit dem von der Schale befreiten Maule um jene herum einen weißen, speichelähnlichen Schaum, der gewöhnlich den Umfang eines kleinen Hühnereies einnimmt. Hierauf zieht er sich rückwärts in die Kapsel hinein, dreht die verlassene Öffnung inwendig förmlich zusammen und zieht sich ganz aus dem Kokon heraus, wonach er wieder das eben verlassene Löchelchen von außen zudreht. Er bleibt hiernach noch einige Tage beim Kokon liegen.“[3]

[1] Zeller, Untersuchungen über die Entwicklung von Diplozoon paradoxon; Zeitsch. f. wissensch. Zoologie, 22. 1872, S. 170.

[2] Zeller, Weitere Beiträge zur Kenntnis der Polystomeen; Zeitsch. f. wissensch. Zoologie, 27. 1876, S. 255.

[3] Salzwedel im Ausland 1862, vgl. Brehm 92.

Die ungemein mannigfaltigen Formveränderungen, die mit der Entwicklung des Tieres von dem Ei bis zum geschlechtsreifen Wurme verbunden sind, hier aufzuzählen, würde uns zu weit führen und ist auch nicht notwendig, da sie wie alle Wachstumserscheinungen nicht der Willkür des Tieres unterliegen und also nicht mit Bewußtsein verbunden sind.

3. Die Erscheinungen des Energiewechsels.

a) Anscheinend spontane Bewegungen.

Amöboide Bewegungen sind bis jetzt nur selten beobachtet worden. Die Zoospermien von Ascaris lumbricoides kriechen wie Amöben mittels Pseudopodien. Auch die Epithelzellen des Darmes machen mitunter amöboide Bewegungen, indem sie bei Anwesenheit von Nahrungsstoffen pseudopodienartige Fortsätze vorstrecken, und zwar haarartige bei Berührung mit unverdauter Nahrung; ist diese jedoch schon zersetzt und resorbierbar, so bilden dieselben Zellen lappenartige Pseudopodien, welche die Nahrung aufnehmen.

Häufiger kommt die Wimperbewegung vor. Zunächst bei Larven; diese kommen in verschiedener Gestalt vor, lassen sich jedoch auf eine gemeinsame Urform, die Trochophora, zurückführen. Sie haben die Gestalt eines Kegels oder Doppelkegels. Die Haut ist anfangs gleichmäßig bewimpert, später aber nur auf bestimmten verdickten Epithelstellen, den Wimperschnüren. Das junge Polystomum integerrimum, das eben erst das Ei verlassen hat, ist ein äußerst lebhaftes Tier, das mit seinem Wimperbesatz lustig im Wasser herumschlägt, indem es dabei den Körper zusammenzieht und wieder ausstreckt, zur Seite biegt und umwendet, öfter auch, den Kopf nach abwärts gewendet, sich blitzschnell dreht und geradezu überschlägt (Brehm 159 nach Zeller). Ganz ähnlich verhalten sich die jungen Tierchen von anderen Saugwürmern: der junge Leberegel schwimmt mit ausgestrecktem Körper rastlos vorwärts, bald geradeaus und sich beständig um seine Achse drehend, bald in Bogen und Kreisen; bisweilen dreht er sich mit völlig eingeklemmtem Leibe ohne Ortsveränderung um seinen eigenen Mittelpunkt. Stößt das Tierchen irgendwo an, so verweilt es nur einen Augenblick, wie zur Prüfung, bevor es seine Bewegung wieder aufnimmt. Aber schon nach 20—30′ nehmen diese Bewegungen ab und erlöschen nach kurzer Zeit vollständig; die Haare werden starr und fallen ab, nachdem das Tier sich mehr oder

weniger keulenförmig zusammengeballt hat und viele auch vorher schon einige Kriechversuche gemacht haben.[1])

Von Würmern in entwickeltem Zustande kommt Wimperbewegung bei den Strudelwürmern und den Rädertieren allgemein vor. Bei den ersteren ist die ganze Oberfläche des Körpers mit einem dichten Wimpernkleide überzogen. Es dient teils zur Atmung, indem es der Körperoberfläche immer neues Wasser und damit auch neuen Sauerstoff zuführt, teils zur Bewegung, namentlich bei den kleineren Formen; die größeren haben auch andere Bewegungsarten, sie kriechen im Wasser auf Steinen und Pflanzen wie manche Wasserschnecken oder sie schwimmen mit Hilfe undulierender Bewegungen des Körpers, welche durch wellenförmig fortschreitende Kontraktionen des Hautmuskelschlauches hervorgebracht werden, frei herum.

Die Rädertiere haben am Vorderende des Körpers einen meist einziehbaren Wimperapparat, das Ruderorgan; es hat eine verschiedene Ausbildung und Größe; manchmal ist es beschränkt auf eine bewimperte Mundspalte, bei anderen auf den ringsherum mit Cilien besetzten Kopfrand, bei noch anderen erhebt sich der bewimperte Saum über den Kopf hinaus zu einem bewimperten Kopfschirm oder zu sogenannten Doppelrudern; auch knopf- und armförmige bewimperte Fortsätze kommen vor. Bei den meisten Rotatorien steht mit dem Ruderorgan noch eine am Rücken gelegene Cilienreihe in Verbindung. Die Hauptverrichtung des Ruderorganes ist die Ortsbewegung, es dient auch im Verein mit den dorsalen Cilienreihen zur Herbeiführung kleiner als Nahrung dienender Körper, wie dies schon früher beschrieben worden ist. Die Beweglichkeit der Rotatorien ist eine sehr große, mit der Wirkung des Ruderorganes vereinigen sich bei manchen Arten auch schnellende oder springende Bewegungen, die mit Hilfe von eigens gestalteten Borsten hervorgebracht werden; und manche benützen den Schwanz als Bewegungsorgan zum Fortstoßen oder als Steuerruder. Es gibt auch festsitzende Rädertiere, die um sich eine Hülse absondern, bei denen also von einer Ortsbewegung nicht die Rede sein kann. Eigentümlich sind bei diesen festsitzenden und auch vielen freischwimmenden Rotatorien die Formveränderungen des Körpers; sie verkürzen sich, indem sich die hinteren Segmente wie die Teile eines Fernrohres ineinanderschieben.

---

[1]) Brehm 163, nach Leuckart.

Wimperbewegung kommt auch noch bei verschiedenen anderen Organen vor. Die Kanäle des Wassergefäßsystems beginnen in der Leibeshöhle mit feinen Wimperkölbchen oder Wimpertrichtern, deren Wimperbewegung offenbar zum Fortschaffen der sekretorischen Flüssigkeit dient. Auch der Darm ist manchmal bewimpert, z. B. bei den Rädertieren der ganze Darm mit Ausnahme des Kaumagens. Endlich kommt Wimperbewegung noch bei den verschiedenen, oben schon beschriebenen und als Sinneswerkzeuge gedeuteten Wimperorganen vor.

Am häufigsten sind die Kontraktionsbewegungen. Die Bewegungen dieser Art, die beim Aufsuchen und bei der Aufnahme der Nahrung sowie bei der Begattung und der Eierablage beobachtet werden können, haben wir schon früher beschrieben. Zur Ortsbewegung dienen die Kontraktionsbewegungen bei allen Ordnungen der Würmer. Selbst die Strudelwürmer bewegen sich nicht nur mit Hilfe ihres Flimmerkleides fort, sondern zumeist mittels der wellenförmigen Zusammenziehungen des Hautmuskelschlauches, wodurch eine undulierende Bewegung des Körpers hervorgebracht wird. Einige kriechen nach Art der Wasserschnecken mit der Bauchseite auf Steinen und Pflanzen umher. Den kleineren Arten genügt allerdings der Ruderschlag der Wimpern allein zur Ortsbewegung; das Tier gleitet dabei ruhig und stetig durch das Wasser dahin, nur wenn es den Kopf oder den Schwanz etwas dreht, ändert es die Richtung seiner Bewegung. Manche Planarien spinnen Fäden, an denen sie sich aufhängen, sowohl Land- als auch Seeplanarien. Bringt man junge Planarien ins Aquarium, so sind sie einige Zeit unruhig und schwimmen hin und her, dann aber suchen sie die dunkelsten Verstecke auf und verhalten sich möglichst bewegungslos. Werden Strudelwürmer in ihrer gewöhnlichen Bewegung gestört, so machen sie heftige Bewegungen; gerät z. B. Mesostomum Ehrenbergi, das ganz ruhig oder mit vereinzelten Wellenbewegungen des Körpers durch das Wasser dahingleitet oder an Pflanzenstengeln umherkriecht, in Berührung mit einem Käfer, so schüttelt es sich zitternd und sich schlängelnd, um den Reiz abzuwehren. Und Prostomum furiosum sticht, wenn es in eine kritische Lage gerät, mit dem Stachel wie eine gefangene Wespe wütend um sich.

Bei den Saugwürmern, Trematoden, haben nur die Larven ein Wimpernkleid zur Ortsbewegung. Die entwickelten Tiere bewegen

sich ausschließlich mit Hilfe ihrer Muskeln und Haftorgane (Saugnäpfe, Haken, Stacheln usw.). Der Leberegel dringt mit seinem kegelförmigen Vorderende, das den Saugnapf trägt, wie ein Keil in der Leber seines Wirtes vorwärts, wobei der übrige Körper passiv nachfolgt. Die Oberfläche des Wurmes ist mit feinen Stacheln besetzt, welche das Zurückgleiten verhindern. Tristomum hippoglossi nimmt oft die Stellung wie ein Blutegel ein, indem es den hinteren Saugnapf an das Kopfende ansetzt. Außerdem verlängert oder verkürzt es den Körper. Cyclatella annelidicola saugt sich mit dem Saugnapf fest an und bewegt sich auf dem dünnen Stiel, an dem der Saugnapf sitzt, sehr lebhaft frei nach allen Seiten hin und her.

Die Bandwürmer machen wenig Bewegungen, gewöhnlich nur Verlängerungen oder Verkürzungen des Körpers, oder eine über alle Glieder sich fortsetzende Wellenbewegung. Bei manchen Bandwürmern machen einzelne abgetrennte Glieder noch tagelang lebhafte Bewegungen. Die Embryonen der Bandwürmer machen teils aktive, teils passive Bewegungen. Ist das Ei in den seiner Entwicklung entsprechenden Wirt gelangt, so wird die Eihaut durch die Einwirkung des Magensaftes gesprengt oder verdaut und der dadurch frei gewordene Embryo bohrt sich mittels seiner 6 oder 4 Häkchen in die Magen- und Darmgefäße ein, indem er die Spitzen aller Häkchen einander nähert und sie nun in die Wand der Gefäße einbohrt; werden nun die Spitzen voneinander entfernt, so ziehen sie den Körper nach. In den Magen- und Darmgefäßen werden sie passiv mit der Blutwelle fortgetrieben und in den Capillaren verschiedener Organe, der Leber, Lunge, Muskeln, des Gehirnes usw., abgesetzt und entwickeln sich hier zur Finne oder zum Blasenwurm. Dieser macht keine aktiven Ortsbewegungen mehr, er bleibt an seiner Stelle, bis er in den Leib des zur Weiterentwicklung geeigneten Wirtes kommt.

Die Schnurwürmer, Nemertini, leben zumeist im Meere unter Steinen und im Schlamme; die kleinen Arten schwimmen auch frei umher. Viele, namentlich die größeren mehrere Meter langen Arten, wie Polia, Nemertes, liegen entweder zu einem dichten Knäuel zusammengeballt oder sie kriechen vorwärts, sich dabei um Steine und Tange wickelnd. Wenn sie aus der Ruhelage in zusammengeballtem Zustande in Bewegung übergehen, rollen sie den Körper schraubenzieherartig auseinander und strecken nun das Kopfende

nach vorwärts; dabei kommt ihnen das Vermögen, ihren Körper ungemein lang auszudehnen und wieder zusammenzuziehen, sehr zustatten. Davis hat an Nemertes beobachtet, daß sich ein 3 Fuß langes aus dem Wasser hervorragendes Stück des Tieres bei Beunruhigung zu 3 Zoll Länge zusammenzog und Davis (Brehm 145) glaubt annehmen zu dürfen, daß der Längenunterschied in ausgedehntem und eingezogenem Zustande das 25—30 fache beträgt.

Von den frei lebenden Fadenwürmern leben die meisten im Meere, sie kriechen auf Steinen und Wasserpflanzen herum. Manche haben eine Spinndrüse, die sich unterhalb des Schwanzendes öffnet. Das Tier drückt das Schwanzende an eine feste Unterlage an und wenn es weiter kriecht, zieht sich das Sekret der Drüse als ein oft mehrere Millimeter langer glasheller Faden heraus; das eine Ende des Fadens klebt fest, am andern schwebt das Tier frei im Wasser (Schneider, Brehm 119). Die im Süßwasser vorkommenden frei lebenden Fadenwürmer, die sogenannten Wasserälchen, halten sich auf dem schlammigen Grunde der Teiche oder zwischen den Wurzeln der Wasserlinsen auf und bewegen sich lebhaft unter schlängelnden Krümmungen nach der Bauch- und Rückenseite. Die in faulenden Stoffen lebenden Nematoden, z. B. Leptodera und Peloderma, und zwar sowohl die Larven als auch die erwachsenen Tiere, kriechen mit schlängelnden Bewegungen in ihrem Medium herum. Über die Lebensweise der entoparasitischen Nematoden sowie der Kratzwürmer, namentlich über ihre Wanderungen, herrscht noch manches Dunkel und selbst wo die Wanderungen bekannt sind, ist man über die Art der Bewegung, mittels deren sie ihre Wanderungen ausführen, noch sehr im Unklaren. Z. B. bei der Wanderung der Darmtrichinen in die Muskeln wird zwar angenommen, daß ihre Bewegungen aktive sind, daß aber die Bewegungen der betreffenden Muskeln, in die sie eindringen, zum Vorwärtskommen der wandernden Trichine beitragen.

Die Pfeilwürmer leben im Meere; sie schwimmen an der Oberfläche mit blitzschnellen Bewegungen herum und machen Jagd auf andere Seetiere. Zum Schwimmen dienen ihnen horizontal gestellte und von besonderen Strahlen gestützte Flossen, u. zw. eine unpaarige Schwanzflosse und ein oder zwei Paar seitlich am Rumpfe sitzende Seitenflossen.

Die Borstenfüßler haben als besondere Bewegungsorgane entweder borstentragende Fußstummeln oder in Hautgruben steckende

Borsten. Diese Gebilde können zwar keine selbständigen Bewegungen machen, wohl aber die Bewegungen des gesamten Körpers unterstützen. Nur bei wenigen fehlen sowohl die Fußstummeln als auch die Borsten, z. B. bei Polygordius. Der Hautmuskelschlauch jedoch ist immer gut entwickelt und bildet mit seinen Zusammenziehungen und Ausstreckungen das eigentliche Bewegungsorgan. Von den Polychaeten schwimmen die Errantien frei im Meere herum und suchen ihre Beute. Phyllodoce laminosa z. B. schwimmt mit großer Eleganz, wobei der ganze Körper horizontale Wellenbewegungen ausführt, unterstützt von den Rudern. Diese werden gestreckt und eingezogen in einer von hinten nach vorn laufenden Welle (Brehm 72). Die Angehörigen der zweiten Gruppe der Polychaeten, die Sedentarien, leben in selbstgebauten Röhren und nähren sich von Pflanzenstoffen, die mittels des Tentakelapparates herbeigestrudelt werden. Bei den Terebelliden sind die Fühler am Kopfe in einer fortwährenden schlangenartigen Bewegung, sie verkürzen und verlängern sich und scheinen wie für sich lebendig durcheinander zu kriechen (Brehm 77). Die Röhren, in denen die Sedentarien leben, werden auf verschiedene Weise hergestellt. Arenicola piscatorum z. B. bohrt sich in den Sand ein, indem er zuerst die Ringe des vorderen Körperendes ineinander schiebt, nun den Kopf gegen den Sand stemmt und die ineinander geschobenen Ringe in den Sand ausstreckt. Hierauf schwellen die Ringe an und erweitern den Gang und durch eine klebrige Masse, welche der Vorderkörper absondert, wird die innerste Sandschichte zu einer zarten Röhre verkittet, die den Einsturz der Höhlung verhindert. Wird der Vorgang mehrmals wiederholt, so wird nach und nach der ganze Körper von der Röhre geborgen. Wie Terebella conchilega ihre Röhre baut, beschreibt Ehlers (Brehm 77 f.). Die Röhren stecken im Meeressande und ragen mit den zahlreichen hohlen, zur Bergung der Fühler bestimmten Fortsätzen über die Oberfläche des Bodens hervor. Der im Boden steckende Teil der Röhre besteht ausschließlich aus Sandkörnchen. Das frei hervorragende Stück ist mit verschiedenartigen Körperchen, insbesondere Muschelteilchen bekleidet. Im Aquarium sind sie in der Wahl der Stoffe nicht wählerisch. Die als Baumaterial verwendeten Stücke werden von den Fühlern ergriffen, mit diesen in die Röhre hineingezogen und nun wahrscheinlich mit Hilfe der Lippen mit einem Kitt, der sowohl von den Fühlern als auch den Kopf- und Seitenlappen und den Bauchschildern abgesondert wird, überzogen;

sodann strecken sich die Fühler samt dem Vorderende des Tieres aus der Röhre heraus und nun wird das mit Kitt versehene Stück an die Röhre angekittet. In seltenen Fällen schiebt sich der Wurm wiederholt mit dem Kopflappen und den Bauchschildern über die neu zugebaute Stelle, wie um durch Auflegung neuer Kittmassen der Verbindung der Teilchen größere Festigkeit zu geben. Wurden Stücke, welche zu groß waren und nicht in die Röhre hineingezogen werden konnten, geboten, so wurden diese durch die Fühler an den Röhreneingang herangezogen; nun trat das Vorderende des Körpers heraus, strich mit der ventralen Seite über die Stücke und klebte sie dann an die Röhre fest.

Eine andere Terebella, Terebella figulus, hat 25—50 ziemlich starke und ungefähr 9 Zoll lange Fühlfäden, die somit über einen bedeutenden Raum umherlangen können. „Es ist erstaunlich, wie die Aufmerksamkeit einer so kleinen Künstlerin zu gleicher Zeit auf so verschiedene Verrichtungen gewendet sein kann. Ein Teil der Fühler sucht Material, ein anderer sammelt und ergreift es, ein dritter bringt es nach dem Gehäuse; einige setzen ihre Ladung ab, wieder andere erfassen die Last, die sie haben fallen lassen, und die Künstlerin selbst ist während dieser ganzen Zeit eifrig beschäftigt, Material im Munde zu härten, es wieder von sich zu geben und an seinen Platz zu bringen, oder die noch rohe, eben aufgeführte Wand zu glätten.“[1]) Während dieser Arbeit der Fühlfäden bläht sich der Vorderkörper etwa 15—20mal in der Minute auf und ebenso oft geht eine wellenförmige Bewegung von hinten nach vorn. Dann kommen 10—12 Partikelchen des Baumaterials zum Vorschein, wahrscheinlich nachdem sie im Munde zugerichtet worden waren, und werden an den Rand der Röhre angefügt. Dabei scheint die Unterlippe den neuen Teil auf- und abzuglätten oder auch mit der übrigen Röhre zu verleimen. Soviel scheint außer Zweifel, daß die Baumaterialien zuerst verschluckt werden. Bei den Serpulaceen schwitzt das junge Tier eine Kalkröhre aus, wobei der größere Teil der Kiemen und die Kopfkrägen eine ähnliche Rolle spielen wie der Mantel der Weichtiere bei deren Schalenbildung. Bei den Sabellen entsteht die Röhre auf ähnliche Art durch Ausschwitzung einer klebrigen Masse; die Röhre bleibt biegsam, ist mitunter lederartig oder auch mit Sand und Muschelstücken bedeckt.

---

[1]) Rymer-Jones bei Brehm 79.

Von den Oligochaeten leben die Terricolae zumeist kriechend in der Erde, die Limicolae aber vorwaltend im Wasser; manche, wie die Tubificidae, bauen sich Schlammröhren, aus denen sie das hintere Körperende hervorstrecken. Das Kriechen des Regenwurmes beschreibt Loeb.[1]) Die eigentlichen Lokomotionsmuskeln sind im Hautmuskelschlauch enthalten, und zwar Ring- und Längsfasern. Setzt sich der Wurm in Bewegung, so kontrahieren sich zunächst die Ringmuskeln, dadurch wird der Wurm dünner und länger. Da die Borsten nach unten gerichtet sind und sich an den Boden anstemmen, ist nur eine Verschiebung des Körpers nach vorn möglich und der Kopfteil des Wurmes wird also nach vorn geschoben. Ist das Maximum der Verlängerung erreicht, so kontrahieren sich die Längsfasern und das Tier verkürzt sich; da die Borsten die Verschiebung des Körpers nach rückwärts hindern, kann die Verkürzung nur so zustande kommen, daß der hintere Körperteil sich dem Kopfteil nähert. Eine jedesmalige Kontraktion zuerst der Ring- und dann der Längsfasern bringt also den ganzen Wurm um ein Stück vorwärts.

Die Blutegel bewegen sich entweder mit Hilfe der Saugnäpfe spannerartig kriechend oder mittels lebhafter Schlängelungen des Körpers schwimmend. Der medizinische Blutegel schwimmt am Tage und namentlich bei warmer Witterung umher, des Nachts und bei trübem nebeligen Wetter oder an kalten Tagen rollt er sich so zusammen, daß er den Kopf in die Höhlung des Fußes steckt. Im Herbste gräbt er sich tief in den Schlamm ein. Im Frühjahre nach der Begattung bohrt er sich mit dem Kopfe Gänge in feuchter lockerer Erde über dem Wasserspiegel und macht sich ein Lager zur Ablage der Eier und zur Verfertigung des Kokons. Wie dieser verfertigt wird, haben wir schon früher gehört.

Die Blutegel auf Ceylon (Hir. ceylonica) leben im Grase, unter abgefallenen Blättern und Steinen, auch auf Sträuchern und Bäumen. Sie wittern ihre Beute schon aus einiger Entfernung und lassen sich von den Bäumen auf vorübergehende Menschen und Tiere herabfallen.

Die Sternwürmer leben im Meere und kriechen im Sande oder Schlamme oder in Gängen zwischen Steinen und Korallen herum. Priapulus gräbt sich, wie es scheint durch Vorstoßen und Zurück-

[1]) Loeb, Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie, Leipzig 1899, S. 57.

ziehen des Rüssels, einen Gang von der Länge des Körpers, aus dem der Schwanz in das umgebende Wasser hineinragt. An einem im Aquarium gehaltenen Exemplar wurde beobachtet, daß es im Sonnenschein sehr lebhaft wurde, den Rüssel einzog und ihn rasch und plötzlich wieder ausstreckte, den großen Schwanzanhang entfaltete und wieder einzog, den Körper bog, verlängerte und verkürzte, jedoch alle diese Bewegungen ohne eine bestimmte Ordnung der Veränderungen. Auch Bonellia viridis kann durch Zusammenschnürungen und Einziehungen den Körper auf die verschiedenste Art verändern, so daß er bald ei-, bald kugelförmig ist. Manchmal gleiten Wellenbewegungen von hinten nach vorn, wo sie sich in leichten Schwingungen dem Rüssel mitteilen. Phascolosoma liegt gefangen wie tot da; das rüsselartige Vorderende ist vollkommen eingestülpt. Nach einiger Zeit fängt das Tier an, den Rüssel auszustrecken, zieht ihn aber bald wieder ein. Dies wiederholt sich sehr oft, aber nur selten kommt das äußerste Ende des Rüssels zum Vorschein, vermutlich weil es, obwohl augenlos, doch sehr empfindlich für Lichtreize ist. (Brehm 114 f.)

Die Rädertiere schwimmen mit Hilfe ihrer Ruderorgane oder sie liegen mittels des zweizangigen, drüsigen Fußendes vor Anker. Manche kriechen auch spannerartig mit Hilfe von Muskelkontraktionen.

Eine Mittelstellung zwischen den Stachelhäutern und den Würmern nimmt Balanoglossus ein. Er lebt im Meere im Sand und Schlamm und bewegt sich mit Hilfe seines Rüssels kriechend fort. Der Rüssel ist hohl und kann durch eine Öffnung beliebig mit Wasser gefüllt und wieder entleert werden; dadurch wird er abwechselnd verlängert und verkürzt und schleppt den übrigen Körper nach sich. Der Rüssel ist also ein Bewegungsorgan ähnlicher Art wie das Wassergefäßsystem der Stachelhäuter.

b) Reizwirkungen.

Die Empfindlichkeit für chemische Reize ist bei manchen Würmern eine bedeutende und zeigt sich auf weite Entfernungen. Nematoden-Larven z. B., die in Fäulnisherden leben, wittern schon von weitem solche Herde. „Läßt man in einem größeren mit Erde gefüllten Gefäße eine Kolonie solcher Tiere sich entwickeln, so verteilen sich die Larven drinnen nach Ablauf der Fäulnis. Gießt man nun, wenn die Erde feucht ist, auf einen Punkt derselben z. B.

einige Tropfen Milch, so wird man dieselbe schon nach einer Stunde mit tausenden von Larven bedeckt finden." (Schneider, Brehm 122.) Ähnlich verhalten sich nach Loeb (61) manche Regenwürmer. Lumbricus foetidus lebt in der faulen Spreu und dem Dünger von Ställen und wird jedenfalls von der chemischen Beschaffenheit gewisser hier vorkommender Substanzen festgehalten. Wenn man in einem Kasten die eine Hälfte des Bodens mit weißem feuchten Fließpapier und die andere Hälfte mit einer dünnen Lage von faulem Stroh bedeckt und nun die Würmer auf das Fließpapier legt, so kriechen sie alsbald von da weg und sammeln sich auf dem faulen Stroh an. Dagegen suchen solche Würmer, die in fäulnisfreien Stoffen leben, wie die meisten Borstenfüßler, zu flüchten, wenn in den Gefäßen, in denen man sie hält, eine dem Geruche merkliche Zersetzung beginnt; und selbst Röhrenwürmer, die sonst nie dazu zu bewegen sind, verlassen ihre Röhren. Auch andere chemische Veränderungen des Mediums werden nicht leicht ertragen. Z. B. Süßwasser wirkt bei Meereswürmern wie Gift, manche sterben augenblicklich darin, andere nach einigen krampfhaften Krümmungen. Allerdings zeigen sich gerade in bezug auf die chemische Beschaffenheit des umgebenden Mittels sehr weitgehende Anpassungen. So hat z. B. Bütschli (Brehm 120) gefunden, daß landbewohnende, aber dem Bereiche von Ebbe und Flut ausgesetzte Fadenwürmer, wie z. B. Dorylaimus, eine zeitweise Durchtränkung des Erdreiches mit Meerwasser ohne Schaden ertragen. Viele Würmer vertragen auch einen vollständigen Wechsel des Mediums. Rädertiere, Larven von Fadenwürmern und andere Würmer, die im Wasser leben, können vollständig eintrocknen und leben, wenn sie in Wasser geraten, wieder auf. Umgekehrt vertragen solche, die in einem Medium festen Aggregatzustandes leben, Übertragung in ein flüssiges Medium. Das Weizenälchen z. B., Tylenchus tritici Needh., das im Weizenkorn seinen gewöhnlichen Wohnort hat, lebt auch in reinem Wasser monatelang unverändert weiter. Auch Glyzerin schadet ihnen nicht. Es stellt zwar darin seine Lebenstätigkeit ein, aber wieder in das ihm zusagende Medium gebracht, kehrt es selbst nach geraumer Zeit zum Leben zurück. [1]) Manchmal wirken gewisse Beimengungen zu dem umgebenden Medium anregend auf die Lebenstätigkeiten der Würmer. Beim Blutegel z. B. wird die Freßlust durch Eintauchen in eine Mischung von 1 Teil

[1]) Delaine nach W. Marshall, Zoolog. Plaudereien 3, S. 78.

Wasser und 1 Teil Wein oder 4—8 Teilen Wasser und 1 Teil Essig gesteigert. Hingegen bleibt Befeuchtung mit Zuckerwasser — wirkungslos. - Bei solchen Würmern, die in feuchtem Boden leben, wirken Änderungen im Feuchtigkeitsgehalte beeinflußend. Z. B. Geodesmus bilineatus kriecht, wenn die Erde nicht feucht genug ist, in die Tiefe, kommt aber wieder an die Oberfläche, wenn die Erde begossen wird. Gegen Chemikalien zeigen die Würmer ein sehr verschiedenes Verhalten. Das Weizenälchen z. B. verhält sich nach Devaine gegen Morphium, Atropin, Belladonna, Curare und Strychnin ganz gleichgültig; aber Säuren, Alkalien und Salze töten es sofort. Graber[1]) hat die Empfindlichkeit der Würmer gegen einige Riechstoffe, wie Rosenöl, Rosmarinöl und Asa foetida, untersucht. Unter den Plattwürmern zeigt sich Thysanozoon Brochii Grube gegen Rosenöl im ganzen wenig empfindlich, vorn mehr als hinten. Bei Cerebratulus marginatus Ren. bleibt Rosenöl und Rosmarinöl vollständig wirkungslos. Asa foetida dagegen löst eine sehr charakteristische locale Wirkung aus, wenn man es dem Seitenrande des bandartig abgeflachten Tieres nahe bringt. An der Reizstelle entsteht infolge einer starken, in der Querrichtung verlaufenden Zusammenziehung des Hautmuskelschlauches eine tiefgehende spaltartige Einbuchtung. Ammoniak bringt über den ganzen Körper laufende Kontraktionswellen hervor. Unter den Ringelwürmern ist Sternapsis thalassemoides Otto fast ganz unempfindlich; der Wurm reagiert auf Rosenöl und Asa foetida gar nicht und auf Rosmarinöl nur schwach durch Einziehung des Vorderendes. Ähnlich verhalten sich mehrere Arten von Eunice und Nereis, ferner Leprea lapidaria L. und Amphitrite rubra Risso. Pfeilwürmer, Sagitta, reagierten stärker als alle übrigen untersuchten Würmer, wahrscheinlich, weil die Riechstoffe wegen der geringen Dicke des Körpers sehr rasch das gesamte Nervensystem beeinflußen, also infolge direkter Reizung ohne Aufnahmsorgane. Bei Einwirkung von Rosenöl beginnt der Vorderkörper zu vibrieren. Manchmal krümmt sich das Würmchen zu einem Ringe zusammen oder es schnellt sich eine Strecke weit fort. Nähert man die Spitze des Geruchträgers dem Kopfende genau in der Richtung der Längsachse des Körpers, so schießt der Wurm nach rückwärts, und wenn man mit dem Riechstoffe folgt, kann man das Versuchstier mehrere

[1]) Graber, Biolog. Zentralblatt, 1888—89.

Minuten lang herumtreiben. Bei rascher Annäherung des Riechstoffes schwimmt es schleunigst davon.

Gegen Wärme sind manche Würmer mehr, andere weniger empfindlich; manche finden ihre Existenzbedingungen in weiten, andere in engen Temperaturgrenzen (eury- und stenotherme Würmer nach Moebius). Das Weizenälchen z. B. verträgt eine anhaltende Erwärmung bis auf 52°, ebenso die strengste Kälte.

Gegen Licht sind die meisten Würmer sehr empfindlich, auch solche, die keine Augen haben, wie die Sternwürmer, der Regenwurm und andere. Bei vielen Würmern wirkt Licht erregend. Priapulus z. B. liegt gewöhnlich träge da, im Sonnenschein aber wird er lebhaft, streckt den Rüssel hervor und zieht ihn wieder zurück, biegt den Körper hin und her, verkürzt und verlängert ihn, jedoch ohne bestimmte Reihenfolge dieser Veränderungen. (Brehm 116.) Auch Loeb 52 beobachtete, daß Planaria torva, aus dem Dunkel ins Helle gebracht, sich in Bewegung setzt, im Gefäß hin und her kriecht, um endlich an einer dunkeln Stelle des Gefäßes zur Ruhe zu kommen. Es scheint sonach, daß Zunahme der Lichtintensität sie zur Bewegung anregt, während Abnahme der Lichtintensität sie veranlaßt, zur Ruhe zu kommen. Die meisten Würmer sind ausgesprochen lichtscheu. Nemertes z. B. macht bei Annäherung einer Lichtquelle sogleich Anstalten, sich zurückzuziehen. Auch die Borstenfüßler fliehen zumeist das Licht, besonders das direkte Sonnenlicht. Freilebende suchen nach einem Verstecke, die Röhrenwürmer halten sich solange wie möglich in ihrer Behausung zurückgezogen. Auch der Regenwurm zieht sich, wie schon Hoffmeister[1]) bemerkt hat, zurück, wenn ihm ein Licht auch noch so vorsichtig genähert wird. „Doch scheint es immer erst einer gewissen Zeit zu bedürfen, bis der Eindruck perzipiert wird. Denn im ersten Momente pflegen sie ihre Bewegungen trotz der lichten Flamme fortzusetzen, dann halten sie plötzlich inne, gleichsam um zu lauschen, und dann erst ziehen sie sich mit einem schnellen Ruck in ihre Löcher zurück. Ist der Eindruck einmal aufgenommen, dann kann ein rasches Fortnehmen des Lichtes den eiligen Rückzug nicht aufhalten, scheint ihn im Gegenteil durch den Kontrast noch zu beschleunigen. Nicht der ganze Körper, wie begreiflich, empfindet den Eindruck, sondern nur die zwei ersten Ringe, an denen die von dem Schlundringe

[1]) Hoffmeister, Die bis jetzt bekannten Arten aus der Familie der Regenwürmer, Braunschweig 1845.

ausgehenden Nervenbündel liegen. Ein Wurm, der mit dem Kopfe in das Loch eines Nachbars gedrungen oder unter einem Stückchen Holz versteckt war, vertrug die allerstärkste Annäherung der Flamme, verschwand aber sogleich, sobald er den Kopf erhoben hatte. Versucht man bei Sonnenlicht die Mundteile eines Wurmes zu zeichnen, so wird man allezeit finden, daß er sich stets nach der dem Lichte abgekehrten Seite wendet." Spätere Versuche von Graber und Loeb haben allerdings ergeben, daß die Lichtempfindlichkeit beim Regenwurme nicht bloß auf den vorderen Körperteil beschränkt ist.

Graber[1]) hat von Würmern zu seinen Versuchen drei Arten verwendet: Aulacostomum gulo Mog. Tand., den gewöhnlichen Pferdeegel, ferner Nephelis vulgaris Mog. Tand, ebenfalls ein Egel, und den Regenwurm. Er fand, daß Aulacostomum ein lichtscheues Geschöpf ist und trotz der Unvollkommenheit der Augen ein bedeutendes Farbenunterscheidungsvermögen hat, indem es, und zwar entgegen seinem Helligkeitsgeschmack auf das allerentschiedenste das Rot dem Blau vorzieht. Nephelis zählt, was die Rot-Blau-Unterscheidung anbelangt, zu den farbenempfindlichsten Tieren; seine Vorliebe für Rot ist viel größer als die bei Aulacostomum. Auch der Regenwurm, obwohl augenlos, ist entschieden lichtempfindlich, er ist lichtscheu, und zwar weit mehr als viele augentragende Tiere und er ist auch gegen relativ sehr kleine Helligkeitsunterschiede empfindlich. Auch die Empfindlichkeit für Farbenunterschiede ist vorhanden, der Regenwurm ist ausgesprochen rothold, und bei augentragenden Tieren ist der Reaktionsunterschied um so größer, je weiter die verglichenen Farben auseinander liegen. Endlich wollte sich Graber auch davon überzeugen, ob die große Lichtempfindlichkeit des Regenwurmes wirklich nur, wie Hoffmeister und Darwin behauptet haben, am cerebralen Vorderende ihren Sitz hat, beziehungsweise an das Gehirn gebunden ist. Aus seinen Versuchen ergab sich, daß sich die Lichtempfindlichkeit des Regenwurmes für Helligkeits- und Farbenunterschiede auf die ganze Haut erstreckt, also nicht ausschließlich an die Vorderganglien gebunden ist.

Auch Loeb (53) hat Versuche mit dekapitierten Würmern gemacht. Er schnitt 60 Stück der Planaria torva hinter dem Gehirn und den Augen der Quere nach durch und brachte alle Stücke, sowohl die vorderen mit den Augen als auch die hinteren Stücke

[1]) Graber, Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits- und Farbensinnes der Tiere; Prag und Leipzig 1884.

ohne Augen in ein Glasgefäß mit glatter Wand, das zur Hälfte mit schwarzem Papier bedeckt war. Am nächsten Morgen befanden sich fast alle Stücke, sowohl die vorderen als auch die hinteren, in dem bedeckten Teile des Gefäßes. Wurde das Papier weggenommen, so gerieten alle Stücke in Bewegung, krochen herum und sammelten sich schließlich wieder in dem relativen Minimum der Lichtstärke. Die Reaktionszeit auf Änderungen der Lichtstärke war bei den enthirnten Tieren etwas größer als bei den unverletzten, bei letzteren begann die Reaktion schon nach einer, bei jenen erst nach fünf Minuten. Auch mit Lumbricus foetidus hat Loeb Versuche gemacht und gefunden, daß sich enthirnte Tiere ähnlich verhalten wie unverletzte. Sie sind dem Lichte gegenüber unterschiedsempfindlich und kommen an den Stellen, die schwächer beleuchtet sind als die benachbarten, zur Ruhe. Werden farbige Gläser angewendet, so zeigt sich, daß sie unter rotem Glas eher zur Ruhe kommen als unter blauem, ein Ergebnis, das mit dem von Graber gefundenen übereinstimmt. Lumbricus unterscheidet sich insofern von Planaria, als die Reaktionszeit auf Änderungen der Lichtstärke bei enthaupteten Regenwürmern nicht merklich größer ist als bei den unverletzten; werden die Versuchstiere aus dem dunkeln Kasten in das zerstreute Tageslicht gelegt, so erfolgen 3—18″ nach dem Einfalle des Lichtes die ersten Bewegungen; und ungefähr ebenso lang dauert es bei unverletzten Tieren. Diese Versuche zeigen, daß die Lichtempfindlichkeit weder von dem Gehirn noch von den Augen allein abhängig ist, sondern auch anderen Körperstellen zukommt; denn auch Teilstücke von Würmern ohne Gehirn und Augen sind ebenso lichtempfindlich wie das ganze Tier mit Gehirn oder mit Gehirn und Augen.

Mechanische Reize wirken fast bei allen Würmern erregend. Schon die bloße Berührung veranlaßt sie zu Fluchtbewegungen oder zu Krümmungen des Körpers. Manche Würmer, z. B. Nemertes, sind so empfindlich, daß schon Anstoßen an das Gefäß, in dem man sie hält, Bewegungen auslöst; das Tier zittert mit dem ganzen Körper und zieht das gewöhnlich etwas vorgestreckte Kopfende zurück. Als eine Wirkung mechanischer Reize ist auch die von Loeb (50) als Stereotropismus bezeichnete Erscheinung bei den Planarien zu betrachten, die darin besteht, daß das Tier seine Bauchseite mit festen Körpern und seinen Rücken mit dem Wasser in Berührung bringt. Die Bauchseite ist also positiv, die Rückenseite

negativ stereotrop. Dreht man das Tier um, so daß es mit dem Rücken den Boden berührt, so dreht sich das Tier in die Bauchlage zurück. Daß das nicht etwa eine Wirkung der Schwerkraft ist, folgt daraus, daß Planarien lange Zeit an der Oberfläche des Wasserspiegels kriechen, wobei der Rücken nach unten gekehrt ist. Auch die Regenwürmer sind positiv stereotrop. Sobald sie beim Vorwärtskriechen die konkave Seite einer Kante oder eine Rinne erreicht haben, kriechen sie an derselben entlang und verlassen sie nicht mehr. Auch das Eingraben der Würmer in den Sand oder Schlamm ist nach Loeb (62) eine Folge des von dem Sande oder Schlamme verursachten Berührungsreizes, der die Bewegung, die zum Eingraben führt, auslöst.

Als eine besondere Art von Reizwirkung ist die bei manchen Würmern vorkommende Selbstverstümmelung zu bezeichnen. Meckelia somatotoma (aus der Gruppe der Schnurwürmer) zerbricht bei der geringsten unsanften Berührung in zwei Stücke. „Dies scheint zum Teil ein willkürlicher Akt zu sein, zum Teil auf sogenannten Reflexbewegungen zu beruhen, unwillkürlichen, von dem Nervensystem aus angeregten krampfartigen Zusammenziehungen. Von den Fischern, welche mir in Dalmatien und in Triest aus der Bucht von Muggia die Meckelia somatotoma brachten, habe ich sie nie unverletzt erhalten.“ (Brehm 144.) Auch bei anderen Würmern ist Selbstverstümmelung beobachtet worden. Arena fragilis z. B. ist wie die Meckelia so zerbrechlich, daß kein einziges Tier ganz zu erhalten ist.

Endlich ist noch das Leuchten mancher Würmer als eine Reizwirkung zu betrachten. Es wurde bei verschiedenen Borstenwürmern beobachtet. Bei Polynoë sind eigentümliche, in den Rückenschuppen liegende Nervenendigungen der Sitz des Leuchtens, bei Syllis die Muskeln, bei Chaetopterus, Polycirrus und Odontosyllis geht das Licht von drüsigen Schleimhautzellen aus. Nach Panceri's Beobachtungen (Brehm 74) muß man das Tier reizen, wenn die Erscheinung eintreten soll. Dann verbreitet sich der leuchtende Stoff wolkenartig im Wasser. Das Tier erglänzt dabei in lebhaftem bläulichen Licht, und zwar im dunkeln Raum so stark, daß man die umstehenden Personen erkennen und die Uhr ablesen kann.

C. Entscheidung der Frage, ob den Würmern Bewußtsein zukommt.

1. *Das Nervensystem.*

Bei den Würmern finden wir ein hochentwickeltes Nervensystem mit deutlich hervortretenden zentralen und peripherischen Teilen und zahlreichen, verschiedenartig gebauten Endorganen zur Aufnahme des Reizes. Die Frage, ob ein Schluß von dem Vorhandensein des Nervensystems auf das Vorhandensein von psychischen Erscheinungen gestattet ist, bedarf daher einer sorgfältigen Erwägung.

Die Endorgane zur Aufnahme des Reizes sind zwar sehr verschiedenartig, lassen sich aber doch in drei Gruppen bringen: 1. Tastorgane, 2. Otolithenbläschen, 3. Augen.

Zu den ersteren gehören die einzelnen Epithelsinneszellen und die aus ganzen Gruppen solcher Zellen zusammengesetzten Sinnesepithelien (Wimpergruben, Kopfspalten, Kopffurchen, Cerebral-, Seiten- und Frontalorgane), ferner die Haare, Borsten, Cilien, Wimpern, Fühlercirren und Fühler. So verschiedenartig diese Organe auch sind, so haben doch alle das Gemeinsame, daß entweder sie selbst oder doch einzelne ihrer Teile sich über die Hautoberfläche ihrer nächsten Umgebung erheben, wodurch es ermöglicht wird, daß diese Hautstellen mit dem umgebenden Medium und den in ihm enthaltenen Stoffen leichter und in größerem Umfange in Berührung geraten als andere Hautstellen, die solche Hervorragungen nicht haben. Da bei den meisten dieser Gebilde eine direkte Verbindung mit peripherischen Nerven nachgewiesen wurde, steht ihre Bedeutung als Aufnahmsorgane für äußere Reize außer Zweifel. Und sowohl vermöge ihrer örtlichen Lage am Körper, vermöge deren sie von chemischen und mechanischen Reizen leicht getroffen werden können, sowie vermöge ihrer protoplasmatischen Natur, die sie befähigt, solche Reize leicht aufzunehmen, sind sie wohl als Aufnahmsorgane für chemische und mechanische Reize zu betrachten. Bei manchen dieser Organe sind die Sinnesepithelien in Hautvertiefungen eingelagert, in die außer den Erschütterungen des Wassers wohl kaum andere mechanische Reize eindringen können, wohl aber mit dem Wasser chemische Reize. Diese Organe dürften, obwohl sie im histologischen Bau von anderen Sinnesepithelien nicht abweichen, vermöge ihrer räumlichen Lage doch nur zur Aufnahme von chemi-

schen Reizen geeignet sein; und die bedeutende Empfindlichkeit der Würmer gerade für chemische Reize macht diesen Schluß noch wahrscheinlicher. Ob aber mit den Erregungen dieser Endorgane auch Bewußtseinserscheinungen verbunden sind, läßt sich aus dem Bau dieser Organe allein nicht beurteilen. Ihr Bau ist von dem unserer eigenen Organe für mechanische und chemische Reize doch zu sehr verschieden, als daß man einen vollkommen gerechtfertigten Analogieschluß von der Ähnlichkeit im Bau auf das Vorhandensein von Bewußtseinserscheinungen derselben Art machen dürfte. Anderseits muß man zugestehen, daß gerade die Ausbildung von besonderen Organen für chemische und mechanische Reize nicht ohne Bedeutung sein kann. Dazu kommt noch, daß die Organe, die überhaupt als Geruchsorgane gedeutet werden könnten, sich in Einstülpungen der Körperhaut befinden, wie bei uns, und daß sie, gleichfalls wie bei uns, in der Nähe der Mundorgane liegen, — Umstände, die uns veranlassen, die Möglichkeit, daß manchen Würmern Berührungs-, Geruchs- und Geschmacksempfindungen zukommen, doch nicht schon von vornherein ganz abzuweisen, sondern das Ergebnis der Untersuchung über die Lebenserscheinungen und die Frage, ob solche Empfindungen den Tieren von Vorteil wären, abzuwarten. Es ist somit wahrscheinlich, daß sich bei den Würmern bereits eine Differenzierung der Sinnesepithelien in Aufnahmsorgane für mechanische und solche für chemische Reize vollzogen hat, und wenigstens möglich, daß die Erregungen dieser Organe mit bewußten Berührungs- und Geruchs- oder Geschmacksempfindungen verbunden sind. Ob die durch chemische Reize verursachten Empfindungen Geruchs- oder Geschmacksempfindungen oder beides sind, läßt sich schwer entscheiden. Daß sie durch Reize entstehen, die von Gegenständen aus weiterer Entfernung kommen, gibt ihnen mehr Ähnlichkeit mit dem Geruch; daß aber die Empfindung auslösenden Stoffe im Wasser löslich sein müssen, gibt ihnen mehr Ähnlichkeit mit dem Geschmacke. Es ist aber auch möglich, daß diese Tiere beiderlei Qualitäten, Geruch und Geschmack haben. Zwar behauptet Nagel,[1]) daß es nicht zulässig ist, den Wassertieren außer dem Geschmacke noch einen zweiten in seinem inneren Wesen von dem Geschmacke verschiedenen chemischen Sinn, einen Geruchsinn zuzuschreiben, weil nicht bewiesen

[1]) Nagel, Ergebnisse vergleichender physiologischer und anatomischer Untersuchungen über den Geruch- und Geschmacksinn und ihre Organe; Biolog. Centralblatt, XIV, 1894.

wurde, daß es eine Verbreitungsart der Riechstoffe im Wasser gibt, welche von derjenigen der Schmeckstoffe verschieden ist. Allein die Qualität der Empfindung ist nicht von der Verbreitungsart der Reize im Wasser, sondern von ihrer chemischen Beschaffenheit abhängig, und wenn diese verschieden ist, dürfte auch die Qualität der Empfindung verschieden sein.

Von den Otolithenbläschen gilt dasselbe, was von den ähnlichen Organen der Schlauchtiere und Stachelhäuter gesagt wurde. Es sind Aufnahmsorgane für äußere Reize; dafür spricht ihre Verbindung mit Nerven; aber es sind nicht Aufnahmsorgane für Schall-, sondern für solche mechanische Reize, die durch das Wasser auf das Tier übertragen werden, also für Erschütterungen des Wassers. Dafür spricht die Tatsache, daß die Otolithenbläschen nur bei Wasser bewohnenden Würmern vorkommen. Auch dürften sie zur Aufnahme solcher Reize geeignet sein, die durch Lagenveränderungen des Körpers verursacht werden.

Die Augen der Würmer zeigen einen viel höheren Grad der Entwicklung als die Augen der Stachelhäuter. Zudem ist ihr Bau weit besser bekannt und somit die Beurteilung ihrer Bedeutung auf eine bessere Grundlage gestellt. Der Bau der Augen ist zwar bei den einzelnen Ordnungen ziemlich weit voneinander abweichend, aber im Grunde genommen zeigt sich doch das Gemeinsame, daß ein Farbstoff, ein lichtbrechender Körper und nervöse Endorgane vorhanden sind. Am höchsten entwickelt ist das Auge bei Alciope und Torrea, Würmern aus der Gruppe der polychäten Anneliden. Das Auge dieser Würmer zeigt alle Hauptbestandteile des menschlichen Auges: eine Cornea, eine Linse, einen Glaskörper, eine Netzhaut; und selbst diese letztere ist so gebaut, daß man Schichten unterscheiden kann, die denen des menschlichen Auges analog sind, nämlich eine Nervenfasern-, eine Stäbchen- und eine Pigmentschichte. Ein solches Auge ist schon geeignet, Bilder auf der Netzhaut zu erzeugen. Wenn man ein frisch ausgeschnittenes Ochsenauge, dessen Hinterfläche man von dem Fette gereinigt hat, mit dieser Fläche sich zuwendet und die Cornea gegen das Fenster kehrt, so sieht man das Fenster und die vor ihm liegenden Gegenstände in verkleinertem Maßstabe und in umgekehrter Stellung auf der durchscheinenden Rückenwand des Auges abgebildet. Quatrefages (Brehm 72) hat mit dem Auge der Torrea vitrea einen ähnlichen Versuch gemacht und gefunden, daß sich auch bei diesem

Auge auf dem Hintergrunde das Bild der vor dem Fenster liegenden Landschaft scharf und genau zeigte. Während also die einfacher gebauten Augen bei dem Mangel eines lichtbrechenden, bilderzeugenden Apparates nur zur Aufnahme von Intensitäts- und höchstens noch Qualitätsunterschieden des Lichtes dienen können, ist das Auge der Alciopiden und Torreiden vermöge seines Baues auch zur Erzeugung von Bildern auf der Netzhaut geeignet und ein Analogieschluß von dem Baue des Auges auf das Vorhandensein von Gesichtserscheinungen derselben Art wie bei uns wäre also gestattet. Wenn wir hierzu erwägen, daß diese Würmer an der dem Lichte ausgesetzten Oberfläche des Meeres leben und ihrer Beute nicht untätig auflauern, bis sie ihnen zum Greifen nahe genug ist, sondern sie jagend erhaschen, wobei ihnen das Sehen und Erkennen der Beute natürlich von Vorteil wäre, so wird die Wahrscheinlichkeit, daß den Alciopiden und Torreiden bewußte Gesichtserscheinungen zukommen, bedeutend erhöht; denn es spricht dafür 1. der Bau des Auges; 2. die Art und Weise, wie sie ihre Beute erlangen, und 3. die Erwägung, daß bewußte Gesichtsempfindungen dem Tiere von großem Vorteile wären.

Nun fragt es sich, welcher Art diese Gesichtserscheinungen sind. Wollen wir vom Bau des Auges auf die Art der Gesichtserscheinungen schließen, so müssen wir, da das Auge zur Erzeugung von Bildern eingerichtet ist, folgerichtig auch annehmen, daß das Auge dieser Würmer das Unterscheiden und Erkennen von Gestalten ermöglicht, daß somit diese Würmer Gesichtswahrnehmungen von äußeren Gegenständen haben. Und da diese verwertet werden, um die Beute zu erhaschen, muß diese von anderen Gegenständen unterschieden und wiedererkannt werden. Doch dürfen wir uns nicht vorstellen, daß dieses Wiedererkennen von Gegenständen auf Grund einer besonders zu diesem Zwecke ausgeführten Vergleichung der gegenwärtigen Gesichtswahrnehmung mit dem Erinnerungsbilde einer früheren entsteht, sondern gleichwie der Unterschied zwischen Empfindung und Erinnerungsbild sich aus dem Wechsel der Bewußtseinserscheinungen unmittelbar ergibt, das Gedächtnis somit eine unmittelbar gegebene, auf keine andere psychische Erscheinung zurückführbare Tatsache ist, so ist auch das Erkennen der Gleichartigkeit des Inhaltes einer gegenwärtigen psychischen Erscheinung mit dem Inhalte des Gedächtnisbildes einer früheren eine unmittelbar gegebene, nicht weiter zurückführbare psychische Tat-

sache. Somit darf es uns nicht wundern, daß das Wiedererkennen von einmal gesehenen Gegenständen schon auf einer verhältnismäßig noch sehr tief stehenden Stufe der geistigen Entwicklung vorkommt. Nun aber, nachdem wir gefunden haben, daß den höheren Würmern schon Gesichtswahrnehmungen zukommen, können wir allerdings einen Rückschluß folgender Art machen: Wenn auch wir selbst gegenwärtig, wo wir darüber nachdenken und Beobachtungen anstellen, reine einfache Empfindungen nicht mehr haben, so ist es doch möglich, ja sogar wahrscheinlich, daß sie in den ersten Stadien der psychischen Entwicklung beim Kinde vorkommen; ebenso ist es möglich, daß auch den Würmern mit Augen, die einfacher sind, als das Auge der Alciopiden, Gesichtserscheinungen einfacher Art zukommen, wenn auch ein Vergleich ihres Auges mit dem unsrigen nicht gestattet, einen solchen Schluß direkt zu ziehen. Welcher Art diese einfachen Gesichtserscheinungen sein könnten, haben wir schon bei den Stachelhäutern gehört: Schließen wir das Auge, dann wird das bilderzeugende Mittel unseres Auges außer Tätigkeit gesetzt, es kommt daher zu keiner Gestaltswahrnehmung, aber Intensitätsunterschiede, Licht und Dunkelheit, können wir immer noch wahrnehmen, wenn auch in beschränktem Grade; so ist es möglich, daß auch jene Würmer Helligkeitsunterschiede empfinden. Nur müssen wir uns denken, daß sich diese ziemlich einfachen Lichtempfindungen entweder mit Begierden allein oder mit Gefühlen und Begierden verknüpfen und zur Auslösung von Bewegungen führen, welche der Ausnutzung oder der Abwehr des Reizes dienen; denn für sich allein hätten sie für das Tier keinen Wert.

Eine weitere Frage ist es, ob die Auslösung der Gesichtserscheinungen, sei es der einfachen wie der Helligkeitsempfindungen oder der zusammengesetzten wie der Gestaltswahrnehmungen, an bestimmte Teile des Nervensystems gebunden ist. Die Versuche von Graber und Loeb haben gezeigt, daß sich die Lichtempfindlichkeit der von ihnen untersuchten Würmer nicht nur auf das vordere cerebrale Kopfende beschränkt, sondern sich auf die ganze Haut erstreckt. Das gilt aber nur, soweit es sich bloß um Qualitäts- und Intensitäts- und nicht um Gestaltsunterschiede handelt. Denn die untersuchten Tiere waren entweder augenlose Würmer oder solche mit niedrig organisierten Augen ohne bilderzeugenden Apparat. Mit, Würmern, die höher organisierte Augen haben, wie die Alciopiden wurden derartige Versuche nicht gemacht, und somit ist eine Ent-

scheidung der Frage, ob das Zustandekommen der Gesichtswahrnehmungen bei diesen Würmern an einen bestimmten Teil des Nervensystems, etwa an das obere Schlundganglion, dem die Augen direkt aufsitzen, gebunden ist, zur Zeit noch nicht möglich.

Der Bau der sogenannten becherförmigen Organe bei einzelnen Ringelwürmern und der Greefschen Geschmacksorgane läßt nicht einmal einen Schluß auf ihre Bedeutung als Aufnahmsorgane zu, viel weniger also einen Schluß, ob ihre Tätigkeit mit Bewußtsein verbunden ist.

2. Die Lebenserscheinungen.

a) Die Erscheinungen des Stoffwechsels.

Bei den Entoparasiten, die keine Mundöffnung haben, also bei den Band- und Kratzwürmern, kann von einer bewußten Aufnahme der Nahrung keine Rede sein, weil ja die flüssige Nahrung nach den physikalischen Gesetzen der Endosmose, also auf rein mechanischem Wege, in das Innere des Tieres gelangt. Auch bei den Rädertieren nicht, denn das Spiel der Wimpern, durch das die Nahrung herbeigestrudelt wird, erfolgt als eine monotone und generell zweckmäßige Bewegung rein reflektorisch, also unbewußt.

Jene Würmer, die für das Ergreifen der Nahrung bestimmte Organe haben, wie Haken, Saugnäpfe, Rüssel, hervorstülpbaren Schlund, haben meist auch Augen, wie viele Strudelwürmer, die Blutegel und die Ringelwürmer. Diesen Würmern haben wir die Möglichkeit bewußter Gesichtserscheinungen bereits zugeschrieben, und diese, veranlaßt durch den Wechsel von Licht und Dunkel, wie etwa durch den Schatten, den ein vorbeischwimmender Gegenstand auf das Tier wirft, dürften im Vereine mit den sich daran schließenden Gefühlen und Begierden die entsprechenden Greifbewegungen auslösen. Es kann auch, wenn wir den Würmern bewußte Empfindungen überhaupt schon zugeschrieben haben, die Möglichkeit nicht in Abrede gestellt werden, daß auch andere Aufnahmsorgane für äußere Reize, insbesondere die sogenannten Tastorgane, die ja vermöge ihrer exponierten Stellung leicht mit den Beutetieren in Berührung kommen können, bewußte Empfindungen auslösen, welche zu den Greifbewegungen der Mundorgane führen. Aber wenn also auch bewußte Empfindungen bei der Aufnahme der Nahrung mitwirken, so sind doch die eigentlichen Greifbewegungen selbst unbewußt, d. h. der Bewegung geht keine

bestimmte Absicht zur Bewegung und keine Vorstellung der Bewegung voraus, sie sind, obwohl sie die Folge psychischer Erscheinungen sind, selbst unbewußt. Ein Beweis dafür ist die bei dendrocölen Turbellarien und bei Nemertinen gemachte Beobachtung, daß bei jenen das vom Körper abgetrennte Schlundrohr, bei diesen der abgetrennte Rüssel seine Bewegungen geradeso fortsetzt wie am Tiere selbst. Der bewußten Empfindung kommt also lediglich die Bedeutung einer Bewegung auslösenden Ursache zu, die Bewegung selbst ist unbewußt, sie ist monoton, und wenn auch in einzelnen Fällen, da eben nicht jeder das Tier berührende oder auf dasselbe einen Schatten werfende Körper ein Nahrungstier ist, ohne Nutzen, so doch im allgemeinen, also generell zweckmäßig und kann somit, wenn eben jene bewußte Licht- oder Berührungsempfindung vorausgeht als eine Ausdrucksbewegung bezeichnet werden. Es ist aber auch anzunehmen, daß die Bewegung des Rüssels und des Schlundrohres nicht bloß infolge von Empfindungen, sondern auch ohne sie auf andere nicht bewußt werdende Reize erfolgt und dann ist sie eben rein reflektorisch.

Was Max Schultze erwähnt, daß die Schnurwürmer zur Einbohrung des Stiletts sehr geschickt die weichere Bauchseite zu wählen wissen, ist natürlich nicht als eine beabsichtigte freie Wahl aufzufassen, sondern so, daß von den Stichen, die das Tier ausführt, am häufigsten jene gelingen, die zufällig die Bauchseite treffen. Denn der Wurm sieht ja das Beutetier nicht und kann in der kurzen Zeit, die zwischen der Berührung mit dem Beutetier und dem Ausstrecken des Rüssels vergeht, bloß durch das Betasten nicht erkannt haben, wo die Rücken- und wo die Bauchseite des Tieres ist.

Vollständig ohne Wahl erfolgt auch die Nahrungsaufnahme bei den Lumbriciden, denn sie suchen die Nährstoffe nicht aus der Erde heraus, sondern verschlingen die Erde, wie sie eben ist, mit den verdaulichen und unverdaulichen Stoffen. Daß sie mitunter Strohhalme oder Stückchen von Papier und Blätter unter die Erde ziehen, geschieht nicht in der bewußten Absicht, sie hier verwesen zu lassen, um sie dann verzehren zu können; denn der Regenwurm hat keine Vorratskammer, in der er die Stoffe aufbewahren könnte, bis sie verwest sind, sondern er läßt sie nur in der Erde irgendwo liegen, sobald der Strohhalm oder das Blatt den Lippen entfallen ist. Wo diese Stoffe liegen bleiben, dafür hat er kein Gedächtnis. Stoffe wie Stroh und Papier brauchen ja Wochen, ehe sie hin

reichend vermodert sind, der Regenwurm müßte also ein außerordentliches Gedächtnis haben, er müßte sich nicht bloß merken, wo er gerade einen vor so und so viel Wochen in die Erde gezogenen Strohhalm liegen ließ, er müßte ein Urteil darüber haben, ob dieser Strohhalm schon hinreichend vermodert sein dürfte und er müßte endlich so viel räumliche Orientierung haben, um gerade an den Ort, wo der Strohhalm liegen blieb, zurückkehren zu können. Das alles ist natürlich unmöglich. Der ganze Vorgang erklärt sich viel einfacher auf folgende Weise: Die Regenwürmer kommen zeitweilig aus der Erde heraus, aber da sie lichtscheu sind (nach den Versuchen Grabers), ziehen sie sich bald wieder in die Erde zurück; da sie ferner, solange sie nahrungsbedürftig sind, mit ihren Lippen fortwährend Greifbewegungen machen, sobald sie damit einen Körper berühren, so kann es leicht geschehen, daß sie auch, wenn sie an der Erdoberfläche kriechen und mit im Wege liegenden Gegenständen in Berührung kommen, diese Gegenstände ergreifen und, da die Greifbewegung nicht zum Ziele, nämlich zum Verschlingen des ergriffenen Gegenstandes führt, diesen Gegenstand festhalten. Wenn sich nun das Tier vermöge seiner Lichtscheu in die Erde zurückzieht, schleppt es den ohne jede Absicht ergriffenen und festgehaltenen Gegenstand mit sich in die Erde. Wirkt die Kraft der Lippenmuskeln stark genug, so wird der Strohhalm geknickt oder reißt das Blatt ab, ohne daß das Tier deshalb eine bewußte und beabsichtigte besondere Kraftanstrengung machen müßte. Reicht die Kraft nicht aus, dann löst sich eben der bisher festgehaltene Gegenstand von den Lippen los und bleibt liegen.

Die Erscheinung, die Brehm (149) von Mesostomum Ehrenbergi beschreibt, läßt sich auch ohne Bewußtsein erklären. Das Tier rollt sich infolge irgendwelcher Reize, äußerer oder innerer, zusammen, und wenn sich in der so gebildeten Höhle ein Krebschen fängt und dieses darin herumtobt, so verursacht es, indem es an die Haut anstößt, immer neue Reize und Muskelzusammenziehungen und deshalb ist es begreiflich, daß die Höhle geschlossen bleibt, solange das Krebschen noch lebt und herumschwimmt. Ist es aber tot, dann hören die Reize, welche Muskelzusammenziehungen auslösen, auf und nun streckt sich der Wurm wieder aus. Der ganze Vorgang ist also als unbewußte Reizwirkung erklärbar. Daß dies übrigens nicht die einzige Art ist, wie Mesostomum zur Nahrung gelangt, folgt auch aus Brehms Beschreibung, denn er sah oft, wie sich ein zweites

Mesostomum zum ersten, das, nachdem es seinen Körper wieder ausgestreckt hatte, sich eben anschickte, seine Beute zu verzehren, hinzugesellte und an der Beute mitzehrte, also ohne erst aus seinem Körper eine Fanghöhle gestalten zu müssen.

Wir sehen somit, daß die meisten Erscheinungen des Stoffwechsels unbewußte Reizwirkungen sind, und wo wir die Möglichkeit erkannt haben, daß bewußte Empfindungen als Bewegung auslösende Ursachen mitwirken, ist doch die Bewegung selbst unbeabsichtigt, also unbewußt.

b) Die Erscheinungen des Formwechsels.

Die Zahl und Mannigfaltigkeit der Formen ist bei den Würmern eine ungemein große, eine Folge der Verschiedenheit in den Lebensverhältnissen und der großen Anpassungsfähigkeit der Würmer an dieselben. Aber wie bei den früher besprochenen Tierstämmen, entzieht sich auch bei den Würmern diese generelle Anpassung, weil sie sich nur ganz allmählich innerhalb großer Zeiträume vollzieht, unserer Beobachtung vollständig und läßt somit ein Urteil darüber, ob bei der Anpassung auch bewußte Absicht mitgewirkt hat, nicht zu.

Von den Erscheinungen der ontogenetischen Entwicklungsreihe können die Erscheinungen des Wachstums auch hier als unbewußt erklärt werden wie bei uns; dann natürlich auch die Arten der ungeschlechtlichen Vermehrung durch Teilung und Knospung, die Erscheinungen der Metamorphose und des Generationswechsels. Hingegen bedürfen die Erscheinungen bei der Begattung einer eingehenden Besprechung.

Die auf geschlechtliche Art sich vermehrenden Würmer sind entweder Zwitter oder getrennten Geschlechtes; letzteres mit einzelnen Ausnahmen die Microstomen, Nemertinen, Nematoden, Acanthocephalen, Rotatorien, Gephyreen und die marinen Chaetopoden. Die Befruchtung ist entweder eine gegenseitige oder eine Selbstbefruchtung. Die letztere kann als Erscheinung des Wachstums und somit als unbewußt erklärt werden. Die Geschlechtsstoffe werden frei, wenn sie reif sind, und finden durch geeignete Einrichtungen der Leitungsorgane den Weg zur gegenseitigen Vereinigung, ohne daß das Tier auf bewußte Art mitzuhelfen brauchte. Dagegen sind die Vorgänge der gegenseitigen Befruchtung sowohl bei den Zwittern als auch bei den Würmern mit getrennten Geschlechtern, wie wir sie oben kennen gelernt haben, oft ziemlich zusammengesetzt und leicht

geeignet, den Eindruck bewußten Handelns zu machen, und doch läßt sich der ganze Vorgang auch unbewußt erklären. Die Geschlechtsstoffe erzeugen, wenn sie bei der Reife die Samen- und Eibehälter anfüllen, einen Druck gegen die Wandungen und dieser löst Ortsbewegungen aus, die, unterstützt durch chemische von den Geschlechtsstoffen ausgehende Reize, zur gegenseitigen Auffindung der Geschlechter führen. Die Greifbewegungen, die zur Vereinigung der Körper und der Geschlechtsorgane führen, werden durch die vielfachen Berührungsreize ausgelöst, die entstehen, wenn sich die Tiere mit ihren Körpern aneinander legen oder umschlingen. Daß diese Bewegungen in verhältnismäßig kurzer Zeit zum Ziele führen, ist ein Beweis, daß sie infolge der durch unzählige Generationen fortgesetzten Vererbung schon generell zweckmäßig geworden sind. Die durch den Druck der reifen Geschlechtsstoffe ausgelösten Ortsbewegungen sind Impulsivbewegungen, die für sich allein zwecklos wären; aber an sie schließt sich eine ganze Reihe von Reflexbewegungen an, die zum Ziele führen, und da jene Impulse wie die Reife der Geschlechtsstoffe periodisch eintreten, gehört die ganze Folge der Erscheinungen bei der gegenseitigen Befruchtung in die Gruppe der automatischen Bewegungen und kann somit (wie die Atem- und Herzbewegungen, die Zusammenziehungen der Gefäßmuskulatur und der Darmmuskeln) als eine wenn auch ziemlich komplizierte, so doch ohne Mitwirkung von Bewußtsein ablaufende Erscheinungsreihe betrachtet werden. Auf keinen Fall berechtigt der Vorgang die Annahme höherer Seelenerscheinungen, wie gegenseitiges Erkennen des Geschlechtsunterschiedes, Geschlechtsliebe, Wollustgefühle usw. Wollte man trotz der ungezwungenen Erklärung des komplizierten Vorganges durch Analyse in eine Reihe unbewußter Einzelerscheinungen dennoch Bewußtsein zuhilfe nehmen, so wäre es einzig und allein aus dem Grunde, das Eintreten jener Erscheinungsreihe zu sichern und ihren geordneten Ablauf zu regeln. Dazu aber genügen primitive Seelenerscheinungen, die der niederen körperlichen Entwicklungsstufe dieser Tiere mehr entsprechen als eine hochstehende Seelentätigkeit. Man könnte annehmen, daß der innere Reiz, der durch den Druck der reifen Geschlechtsstoffe hervorgerufen wird, ein triebartiges Begehren, also eine erste Andeutung eines Geschlechtstriebes hervorruft, und daß dieses den ersten Anstoß zur Ortsbewegung gibt und somit die ganze Erscheinungsreihe eröffnet. Mit dieser Annahme

erheben wir uns nicht über das Gebiet des Möglichen und schreiben dem Eingreifen des Psychischen eine Rolle zu, die sich in das Wechselspiel der Lebenserscheinungen ungezwungen einfügt. Das Auffinden der Geschlechter könnte durch Geruchsempfindungen bewirkt werden, welche durch die von den Geschlechtsprodukten ausgehenden chemischen Reize ausgelöst werden, und endlich die Greifbewegungen, die zur Vereinigung der Geschlechter und Geschlechtsprodukte führen, könnten durch die Berührungsempfindungen ausgelöst werden, die beim Aneinanderlegen der Körper entstehen.

Die Erscheinungen bei der Ablage der Eier, soweit sie beobachtet und beschrieben worden sind, machen auch nicht den Eindruck bewußter Absichtlichkeit. Diplozoon paradoxon stößt seine Eier rasch, fast mit einem Ruck aus. Der mechanische Druck, den die reifen Eier verursachen, löst offenbar die Kontraktionen aus, die das Ei aus dem Körper herausdrücken. Ähnlich ist es bei Polystomum appendiculatum. Daß das Tier zuerst eine Masse Darmkot ausspeit, geschieht nicht in der bewußten Absicht, für die Eier gleichsam ein Bett zu schaffen, sondern der von den reifen Eiern ausgehende Druck wirkt nicht bloß auf den Eibehälter, sondern auch auf den Darm, drückt also nicht bloß das Ei, sondern, weil der Darmkot leichter beweglich ist, schon vorher diesen heraus. Der Druck der Eier dauert solange fort, als eben noch Eier da sind; daher die von Thaer erwähnte, wiederholte Streckung und Zusammenziehung des Körpers. Daß sich bei der Eierablage der Faden des Eies um die Saugscheibe wickelt und somit das Ei daran befestigt wird, ist nicht eine Folge absichtlicher Überlegung, sondern die Bewegungen des Tieres, die notwendig sind, um das Ei aus dem Körper herauszubringen, sind eben derartig, daß sie zugleich den Faden um die Scheibe wickeln. Für sich allein macht eine solche Bewegung leicht den Eindruck bewußten zweckmäßigen Handelns; dieser Schein schwindet aber, wenn man solche Bewegungen als Teile eines einheitlichen Ganzen betrachtet. Daß Polystomum integerrimum seinen Vorderleib mit der Geschlechtsöffnung durch die Harnblase des Frosches hindurch bis in die Kloake nahe zum After des Frosches drängt, ist auch nicht eine Folge bewußter Absicht, sondern eben der von dem Druck der reifen Eier ausgelösten Kontraktionen des Körpers. Wollte man alle diese Erscheinungen als bewußt erklären, so müßte man hochentwickelte

geistige Fähigkeiten annehmen, zunächst die Erkenntnis, daß das Ei reif ist, dann die Kenntnis der zum Herausbringen des Eies notwendigen Bewegungen und die Fähigkeit, diese Bewegungen willkürlich hervorzubringen, und endlich die bewußte Absicht, für die gelegten Eier entsprechend Vorsorge zu treffen. Der ganze Vorgang macht leicht den Eindruck bewußter Absichtlichkeit; wenn man aber bedenkt, welcher Art die Seelentätigkeiten sein müßten, damit das Tier jene Bewegungen mit bewußter Absicht ausführen könnte, dann sieht man ein, daß man so hoch entwickelte Seelentätigkeiten so nieder stehenden Tieren doch nicht zuerkennen kann. Die geistige Entwicklung kann von der körperlichen nicht allzuweit abweichen. Höchstens könnte man wie bei der Begattung so auch hier annehmen, daß der Druck der Eier Körperempfindungen und mit diesen allenfalls ein Gefühl des Unangenehmen und ein Begehren, sich davon zu befreien, erzeugt, das die entsprechenden Bewegungen auslöst. Und die Annahme solcher primärer Seelenerscheinungen könnte auch hier nur dadurch gerechtfertigt werden, daß mit ihr das Eintreten und der regelmäßige Ablauf der Erscheinungsreihe besser gesichert wird, als durch die bloß von dem Druck der Eier erzeugte rein physiologische Erregung allein.

Wie bei Polystomum appendiculatum das Aufwickeln der Eier auf die Saugnäpfe nicht eine Folge bewußter Absicht, sondern eine Teilerscheinung des ganzen einheitlichen Fortpflanzungsgeschäftes ist, so verhält es sich auch mit dem Befestigen der Eier bei den Parasiten an die betreffenden Organe ihrer Wirte und auch mit dem Kokonbau der Blutegel. Der Egel hat nicht von vornherein schon eine Kenntnis von der Größe und Form des Kokons, den er bauen wird, er weiß nicht, daß er das Material dazu seinem Munde entnehmen kann, und weiß auch nicht, welche Bewegungen notwendig sein werden, um dem Kokon gerade die richtige Form und Größe zu geben; damit würden wir ja dem Blutegel psychische Tätigkeiten zusprechen, die ihm auf der niederen körperlichen und geistigen Stufe, auf der er steht, unmöglich schon zukommen können. Der Kokonbau ist wie die Befestigung der Eier und überhaupt die ganze sogenannte Fürsorge für die Eier ein Teil der ganzen Eierablage und damit des ganzen Fortpflanzungsgeschäftes. Die Ursachen, welche den Anfang dieser Erscheinungsreihe auslösen, sind hinreichend, die ganze Reihe zum Ablaufe zu bringen, denn auf die erste folgt von selbst die zweite, auf diese die dritte usw. Am auffallendsten in der ganzen

Reihe von Erscheinungen ist die Tatsache, daß die Blutegel aus dem Wasser heraus kriechen und sich in das feuchte lockere Erdreich des Ufers einen Gang zur Ablage der Eier bohren. Das erklärt sich dadurch, daß sich der Mundschleim, aus dem der Kokon gebaut wird, im Wasser nicht so leicht zum Kokon formen läßt und daß also jene Individuen, bei denen der von dem Druck der reifen Eier ausgelöste Bewegungsimpuls so stark ist, daß er das Tier aus dem Wasser heraus- und nun unter Mitwirkung der (von Graber festgestellten Lichtscheu des Tieres in das lockere, den Bewegungen des Tieres leicht nachgebende Erdreich hineintreibt, gegenüber anderen Individuen, bei denen dies nicht der Fall ist, im Vorteile waren und sich leichter erhielten.

So also sehen wir, daß sich die ganze bunte Reihe der Erscheinungen beim Fortpflanzungsgeschäfte, von der Begattung bis zur Ablage und Versorgung der Eier ungezwungen als eine Reihe unbewußter Erscheinungen erklären läßt und daß höchstens, damit das Eintreten und der geregelte Ablauf der einzelnen Teilbewegungen um so sicherer erfolgt, das Eingreifen einfacher Seelenerscheinungen, wie primärer Empfindungen, Gefühle und Begehrungen, keineswegs aber das Eingreifen höherer Seelenerscheinungen, wie bewußten Willens zur Begattung, Wollustgefühle bei der Begattung, liebender Fürsorge für die Eier, bewußter Planmäßigkeit beim Baue des Kokons usw., als zulässig erklärt werden kann.

c) Die Erscheinungen des Energiewechsels.

a) Anscheinend spontane Bewegungen.

Die amöboiden Bewegungen der Zoospermien von Ascaris und der Epithelzellen des Darmes können wegen ihres monotonen Ablaufes und ihrer generellen Zweckmäßigkeit geradeso wie die amöboiden Bewegungen bei den früher besprochenen Tierstämmen als unbewußte Reflexbewegungen betrachtet werden.

Ebenso auch die Wimperbewegungen sowohl bei den Larven als auch bei vielen entwickelten Würmern, obwohl sie, wie sie in Brehms Tierleben geschildert werden, leicht den Eindruck der Willkürlichkeit machen. Aber die Bewegung der einzelnen Wimper ist, wie wir schon bei den Protozoen gehört haben, eine durch äußere oder innere Reize veranlaßte Reflex- oder Impulsivbewegung und also unbewußt, somit auch die aus den einzelnen Wimperbewegungen

zusammengesetzte Bewegung eines Organes oder des ganzen Körpers. Wenn sich das Wimperkleid über größere Körperstrecken oder gar den ganzen Körper ausdehnt, wie bei vielen Larven und entwickelten Würmern (Turbellarien), so ist es natürlich, daß verschiedene Körperstellen mit verschiedenen äußeren Reizen in Berührung kommen und also selbständige, von den Bewegungen anderer Körperteile verschiedene Bewegungen ausführen. Und so kommt es, daß das Tier bald nach dieser, bald nach jener Richtung schwimmt, den Kopf nach abwärts wendet, die Seitenränder einbiegt, den Körper um die Achse dreht, kurz Bewegungen ausführt, die wegen der wechselvollen Aufeinanderfolge leicht den Eindruck hervorrufen, als ob sie mit bewußter Absicht und Willkürlichkeit ausgeführt würden.

Von den Kontraktionsbewegungen haben wir einige, die beim Aufsuchen und bei der Aufnahme der Nahrung, bei der Begattung, bei der Ablage der Eier und der Fürsorge für sie, schon besprochen. In ausgedehntem Maße dienen die Körperkontraktionen zur Ortsbewegung. Die verschiedenen Arten der Ortsbewegung lassen sich auf zwei Grundformen zurückführen: 1. Kriechen, 2. Schwimmen. Beim Kriechen streckt sich zuerst der Kopf nach vorn, sodann zieht sich der Körper partienweise von vorn nach hinten zusammen, wodurch sich dieser Körperteil dem vorgestreckten Kopfteile nähert, und wenn eine Kontraktionswelle den ganzen Körper durchzogen hat, ist das Tier soweit vorwärts gekrochen, als eben der Kopfteil sich ausgestreckt hatte. Diese Art Kriechbewegung, die uns von dem Regenwurme am bekanntesten ist, kommt sehr häufig vor. Bei den Borstenfüßlern wird sie von den Borsten und Fußstummeln unterstützt. Zieht sich beim Kriechen der ganze Körper auf einmal zusammen, so wird er gebogen und das hintere Ende nähert sich dem vorderen, es entsteht ein Kriechen nach Art der Spannerraupen, wie bei den Egeln (Hirudineen), manchen Saugwürmern (Amphistomeen) und manchen Rädertieren. Bei manchen Saugwürmern, z. B. beim Leberegel, bei der eben aus dem Ei geschlüpften Larve der Bandwürmer, bei Balanoglossus, bei Arenicola und anderen, macht nur ein Teil des Körpers, nämlich beim Leberegel der Kopfteil, bei Balanoglossus der Rüssel, bei der Bandwurmlarve der mit den sechs Häkchen besetzte Teil, bei Arenicola das vordere Körperende Kontraktionsbewegungen und bohrt sich dadurch in das Medium, in dem das Tier kriecht, ein, während der übrige Körper passiv folgt. Auch hier sind Hilfsorgane

vorhanden, welche die Ortsbewegung unterstützen, so z. B. ist beim Leberegel die Oberfläche des Wurmes mit Stacheln besetzt, welche das Zurückgleiten verhindern.

Erfolgen die wellenförmigen Zusammenziehungen des Körpers, während das Tier frei im Wasser schwebt, so bewegt es sich schwimmend fort, meistens schlängelnd. Oft werden dabei die Zusammenziehungen des Körpers von der Bewegung anderer Organe unterstützt, von Wimpern wie bei den Strudelwürmern, von Flossen wie bei den Pfeilwürmern, oder von ruderartigen Gebilden wie bei vielen Borstenfüßlern.

Bei allen diesen Bewegungsarten sind also Muskelbewegungen wirksam. Diese werden ausgelöst durch mannigfache Reize, zum Teil innere, zum Teil äußere; unter letzteren insbesondere Berührungen mit dem umgebenden Medium, ferner mechanische, chemische und Lichtreize. Die meisten dieser Reize lösen auf kürzestem Wege, das ist rein reflektorisch, die zweckentsprechenden Bewegungen aus. Wir haben aber auch die Wahrscheinlichkeit ausgesprochen, daß einzelne dieser Reize, insbesondere Lichtreize, bewußt werden und Empfindungen oder sogar Gestaltswahrnehmungen auslösen. Diese Empfindungen und Wahrnehmungen sind dann psychische Ursachen für verschiedenartige Bewegungen, und wechseln jene Reize in bunter Mannigfaltigkeit, so machen die Bewegungen ganz den Eindruck der Willkürlichkeit. In Wirklichkeit aber sind sie unwillkürlich und haben bloß eine psychische Veranlassung. Es geht ihnen eine Empfindung oder eine Wahrnehmung voraus, aber es ist mit ihnen keine Vorstellung der Bewegung selbst verbunden. Diese Bewegungen gehören somit in die Gruppe der oben erwähnten Ausdrucksbewegungen. Da somit diese Bewegungen nicht von dem Willen, sondern von den Reizen abhängig sind, ist es selbstverständlich, daß sie mit dem Reize anfangen und aufhören; z. B. Parasiten liegen oft ganz bewegungslos an ihrem Wohnorte, sowie man sie aber den Einflüssen erhöhter Temperaturreize aussetzt, beginnt lebhafte Bewegung. Ist hingegen das Tier in lebhafter Bewegung, so kommt es mit dem Aufhören der Reize zur Ruhe, wie wir das oben schon von Planarien, die ins Aquarium gebracht werden, gehört haben. Einige Zeit schwimmen sie unruhig hin und her, dann aber suchen sie die dunkelste Stelle auf und verhalten sich nun mangels aller Bewegung auslösenden Reize still und bewegungslos. Treten neue Reize an ein in Bewegung begriffenes Tier heran, so wird diese

Bewegung gestört und abgeändert, wie wir das bei Mesostomum Ehrenbergi kennen gelernt haben, das ganz ruhig mit vereinzelten Wellenbewegungen des ganzen Körpers durch das Wasser dahingleitet, in Berührung mit dem Fremdkörper, z. B. einem Käfer, aber sich schüttelt und schlängelt, um den Reiz abzuwehren; oder bei Prostomum furiosum, das mit dem Stachel wie eine gefangene Wespe um sich sticht. Auch die Versuche mit der Einwirkung verschiedener Reizqualitäten lassen das erkennen. Würmer, die überhaupt wenig Reizen ausgesetzt sind, machen naturgemäß auch wenig Bewegungen, wie z. B. die Bandwürmer, die Muskeltrichinen, und umgekehrt machen Würmer, die den meisten Reizen ausgesetzt sind, auch die meisten und mannigfaltigsten Bewegungen. Das alles sind Beweise, daß diese Bewegungen unwillkürlich sind, es sind zum Teil Impulsiv-, zum Teil Reflex-, zum Teil endlich Ausdrucksbewegungen.

Auf alle die einzelnen Beispiele von Bewegungen, die wir oben angeführt haben, noch näher einzugehen, ist nicht notwendig, die meisten haben wir ohnedies schon erwähnt und die nicht erwähnten fallen in den Kreis des eben Besprochenen.

Nur den Röhrenbau einiger Würmer müssen wir noch ausführlicher besprechen. Am einfachsten ist er bei den Röhrenwürmern, den Tubificinen, die sich nur eine geräumige Röhre im Schlamme auswühlen, ohne sie mit Ausscheidungen des eigenen Körpers oder Fremdkörpern irgendwie zu stützen. Anders ist es bei Arenicola piscatorum; das Tier bohrt sich in den Sand ein und die innerste den Körper zunächst umgebende Sandschichte wird durch einen von dem Vorderende des Tieres abgesonderten klebrigen Stoff verkittet. Daß das Sicheinbohren des Tieres eine unwillkürliche Bewegung ist, haben wir schon gehört und daß die dazu notwendigen starken Zusammenziehungen des Körpers die Hautdrüsen zur Absonderung des klebrigen Stoffes von selbst veranlassen, ohne daß dazu ein Willensakt notwendig ist, ist leicht einzusehen; somit ist der ganze Vorgang des Röhrenbaues bei Arenicola unwillkürlich. Ähnlich ist es bei Sabelliden und Serpuliden; erstere haben eine lederartige, letztere eine gekörnte Schale und der Stoff dazu wird von dem Körper ausgeschieden, gleichfalls ohne jede Absicht, nur als eine Folge der Zusammenziehungen des Körpers.

Viel eher macht der Röhrenbau bei den Sedentarien den Eindruck der Absichtlichkeit; aber auch hier läßt sich der Vorgang als eine unbewußt erfolgende Erscheinung erklären. Die Fühler am

Kopfe dieser Würmer (z. B. der Terebellen) sind in einer fortwährenden schlangenartigen Bewegung, sie verkürzen und verlängern sich und scheinen wie für sich lebendig durcheinanderzukriechen (Brehm 77). Dadurch wird fortwährend neues Wasser herbeigestrudelt und mit diesem Nahrung und auch das zum Bau der Röhre notwendige Material. Von einer freien Auswahl des Stoffes ist also keine Rede. Auch Beobachtungen im Aquarium haben nach Ehlers (Brehm 78) gezeigt, daß sie in bezug auf das Baumaterial nicht wählerisch sind. Die Bewegungen der Fühlerfäden haben viele Ähnlichkeit mit den Bewegungen der Tentakeln bei den Blumentieren; wie diese bewegen sich die Fühlerfäden der Terebellen fortwährend hin und her, scheinbar nach Nahrung oder Baumaterial suchend, in Wirklichkeit aber ohne jede Absicht, bloß infolge äußerer oder innerer Reize. Kommen nun die Fühlerfäden mit fremden Gegenständen in Berührung, so löst der Berührungsreiz die Bewegungen aus, die notwendig sind, den Fremdkörper zum Munde und in diesen hineinzubringen. Wenn das Tier Bedürfnis nach Nahrung hat, werden diese Stoffe in den Darm weiter befördert, wenn nicht, so werden sie, wenn sich die Fühlerfäden und der Vorderteil des Tieres wieder aus der Röhre herausstülpen, mit herausgebracht bis an den Rand der Röhre; und da sie von den Munddrüsen mit Klebstoffen überzogen sind, fallen sie nicht über den Rand der Röhre hinab, sondern bleiben daran kleben. Dabei mag die Sache mitunter freilich so aussehen, wie Ehlers schreibt, als wenn das Tier den Ort, wo das Stückchen kleben bleiben soll, ausgewählt hätte; eine solche Wahl könnte nur den Zweck haben, daß die Röhre gleichmäßig weitergebaut wird. Das wird aber auch erreicht ohne Annahme einer bewußten Wahl. Denn wenn die Röhre an irgendeiner Stelle schon etwas höher geworden ist als an den anderen Stellen des Randes, dann werden die aus der Röhre herauszubefördernden Fremdkörper natürlich nicht über den höheren, sondern bloß über den niederen Rand gehoben, bleiben dort von selbst kleben und gleichen somit die Ungleichheit aus. Nach Ehlers schiebt sich der Wurm in manchen Fällen mit dem Kopflappen und den Bauchschildern über die neu angebaute Stelle, wie um durch Auflegen neuer Kittmassen der Verbindung der Teilchen mehr Festigkeit zu geben. Aber Ehlers selbst spricht diese Absicht des Tieres nur als Vermutung aus und um diese Vermutung zu stützen, muß er eine zweite hinzufügen, daß nämlich diese Bewegung,

„wie es schien“, dann eintritt, wenn die aufgekitteten Scherben nicht genügend befestigt waren. Wahrscheinlicher ist es wohl, daß diese Bewegung dann eintritt, wenn sich der Fremdkörper nicht leicht von dem Kopflappen und den Bauchschildern, an denen er anklebt, loslöst und also der länger dauernde Reiz auch anhaltendere Bewegungen auslöst, bis eben der Fremdkörper sich vollständig frei gemacht hat. Es ist also an dem ganzen Röhrenbau, wie ihn Ehlers bei Terebella conchilega beschreibt, nichts, was die Annahme einer bewußten Willkürlichkeit rechtfertigen würde. Der Vorgang ist erklärlich als Impulsiv- und Reflexerscheinung, ausgelöst durch innere Bewegungsimpulse und durch die Berührungsreize des Fremdkörpers mit den Fühlerfäden.

Ganz ähnlich ist der Vorgang beim Röhrenbau der Terebella figulus, nur ist hier der Schein bewußter Absichtlichkeit noch stärker, weil die Fühlerfäden viel länger sind und ihre Bewegungen unabhängig voneinander ausführen, so daß sich der eine noch scheinbar suchend hin und her bewegt, der andere schon ein Fremdkörperchen ergriffen hat, der dritte es zum Munde bringt usw. In Wirklichkeit aber sind alle diese Bewegungen ebensogut Impulsiv- und Reflexbewegungen wie bei Terebella conchilega. Durch die wellenförmig von hinten nach vorn fortschreitenden Körperkontraktionen werden die in den Mund aufgenommenen und dort mit Kitt überzogenen Fremdkörperchen wieder aus dem Munde ausgeschieden, und weil sie klebrig sind, bleiben sie am Rande der Röhre hängen. Also auch hier erklärt sich der Vorgang, soweit er bekannt ist, auf ungezwungene Weise, ohne daß man genötigt wäre, eine bewußte Absicht anzunehmen. Übrigens ist der ganze Vorgang bei Terebella figulus und wohl auch bei Terebella conchilega noch nicht hinreichend genau beschrieben worden. Rymer-Jones sagt in seiner Beschreibung des Röhrenbaues bei Terebella figulus (Brehm 79): Wahrscheinlich werden die Baupartikelchen im Munde zugerichtet. Die Unterlippe scheint den neu gebauten Teil auf und ab zu glätten, die Baumateriale scheinen zuerst verschluckt zu werden.

β. Reizwirkungen.

Nach dem Baue der Aufnahmsorgane für äußere Reize haben wir die Möglichkeit von Geruchs-, Geschmacks-, Berührungs- und Helligkeitsempfindungen und der daran sich knüpfenden primitiven Gefühle und Begehrungen und endlich auch die Wahrscheinlichkeit

von Gestaltswahrnehmungen äußerer Gegenstände zugegeben und auch gehört, in welcher Weise diese psychischen Tätigkeiten dem Tiere zustatten kämen. Die Reizversuche, so spärlich und mangelhaft sie gerade bei den Würmern noch sind, bestätigen diesen Schluß. — Denn sie haben ergeben, daß die meisten Würmer gegen chemische, mechanische und photische Reize sehr empfindlich sind. Allerdings zeigt sich gegen chemische Reize, die in keiner Beziehung zur stofflichen Beschaffenheit der Nahrung des Tieres stehen, eine große Anpassungsfähigkeit, wie z. B. gegen zeitweise Durchtränkung des Bodens mit Seewasser oder den Wechsel von Ebbe und Flut und sogar einen vollständigen Wechsel des Mediums. Auch gegen Stoffe, die im Leben nie auf sie einwirken, also für sie keine Bedeutung haben, zeigen sie sich unempfindlich, wie gegen Pflanzenalkaloide, Morphium, Atropin und andere. Dagegen sind sie gegen chemische Reize, wie sie auch von den Nahrungsmitteln ausgehen, gegen Säuren, Salze, Alkalien und gegen Riechstoffe (nach Grabers Versuchen) sehr empfindlich. Die meisten sind am vorderen Körperende, also in der Nähe der Mundwerkzeuge, am empfindlichsten (vgl. die Versuche Grabers insbesondere mit Sagitta). Die Empfindlichkeit für chemische Reize steht also wie bei uns, so auch bei den Würmern in nächster Beziehung zur stofflichen Beschaffenheit der Nahrung und zur örtlichen Lage der Mundwerkzeuge. Und endlich spricht auch der Umstand, daß viele Würmer schon aus weiterer Entfernung ihre Nahrung wittern, für das Vorhandensein von Geruchsempfindungen. Auf kürzere Entfernung wirken chemische Stoffe, wie wir gehört haben, auch bei Tieren aus niederen, von uns schon besprochenen Tierstämmen; für solche Entfernungen reicht der bloße Reiz hin, um rein reflektorisch zweckentsprechende Wirkungen auszulösen. Auf weitere Strecken aber erwies sich der Reiz allein bei jenen Tieren zu schwach, aber sie finden mit unbewußten Reizwirkungen auf kleine Entfernungen ihr Auskommen, weil sie die Nahrung nicht aktiv aufsuchen, sondern sie gelegentlich finden, entweder beim Herumkriechen oder durch Herbeistrudelung mit dem Wasser. Anders ist es bei Tieren, die ihre Nahrung aktiv aufsuchen und sogar Jagd auf sie machen; wenn bei solchen Tieren Reize aus größerer Entfernung also meist von geringerer Stärke mit Empfindungen, Gefühlen und Begehrungen verbunden sind, so sind auch solche Reize imstande, Bewegungen zur Reizquelle hin auszulösen, und solche Tiere erlangen dadurch

einen bedeutenden Vorteil und eine größere Möglichkeit, ihre Nahrung auch wirklich zu erreichen. Somit können wir sowohl nach dem Bau gewisser Aufnahmsorgane, als auch nach den Ergebnissen der Reizversuche, als auch, wenn wir die Bedeutung des Bewußtwerdens der Reize für das Tier erwägen, annehmen, daß bei manchen Würmern, bei denen der Bau der Aufnahmsorgane näher bekannt ist und mit denen auch Versuche angestellt wurden, also z. B. bei den Nematoden, Nemertinen, Chätognathen und Chätopoden, die Erregungen gewisser chemischer Reize mit Empfindungen verbunden sind.

Auch die große Empfindlichkeit gegen mechanische Reize, insbesondere gegen solche, die dem Tiere eine Gefahr androhen, wie Erschütterungen des Mediums, in dem sie leben, und insbesondere der Umstand, daß solche Reize Bewegungen auslösen, auch wenn sie sehr schwach sind und also auch nur schwache Erregungen bewirken, die für sich allein kaum imstande wären, eine Bewegung herbeizuführen, macht die Mitwirkung von primitiven Seelenerscheinungen bei der Auslösung dieser Bewegungen wahrscheinlich. Dabei werden freilich von den vielen mechanischen Reizen, denen die Würmer ausgesetzt sind, die meisten unbewußt bleiben, denn entweder lösen sie rein reflektorische Wirkungen aus oder sie bleiben überhaupt wirkungslos.

Die Selbstverstümmelung ist, wie bei den Echinodermen, so auch hier im allgemeinen ein unwillkürlicher Vorgang; aber da nach O. Schmidt (Brehm 144) bei Meckelia schon die geringste Berührung hinreichend ist, die Selbstteilung in zwei Stücke auszulösen, ist es immerhin möglich, daß Empfindungen den an und für sich zu schwachen Reiz verstärken und zur Auslösung der Erscheinung mitwirken.

Von allen bisher besprochenen Tieren sind die Würmer am empfindlichsten gegen Lichtreize. Alle Würmer, mit denen überhaupt Versuche angestellt wurden, zeigen sich empfindlich gegen Licht. Es darf uns daher nicht wundernehmen, wenn bei den Würmern Augen so häufig vorkommen, daß die Zahl der Augenlosen verhältnismäßig gering ist, daß ferner die Zahl der Augen bei dem einzelnen Individuum bei vielen Arten eine große ist und daß endlich der Bau der Augen eine ziemlich hohe Stufe der Entwicklung erreicht. Wir haben schon früher gehört, daß der Bau der Augen die Annahme von Helligkeitsempfindungen und Gestaltswahrnehmungen

gestattet. Die Reizversuche, die eine ungemein große Lichtempfindlichkeit ergeben haben, bestätigen diesen Schluß. Und wenn wir nun noch überlegen, daß viele Würmer dem fortwährenden Wechsel von Licht und Dunkelheit ausgesetzt sind, da sie bald auf, bald in der Erde, bald an der Oberfläche, bald in der Tiefe des Wassers leben, daß manche die Beute nicht zufällig erlangen, sondern sie wie echte Raubtiere verfolgen müssen, so werden wir einsehen, daß den Würmern Empfindungen für Licht und Dunkel und Wahrnehmungen von Gestalten, also das Sehen und Erkennen äußerer Gegenstände von großem Nutzen ist und wir werden um so mehr geneigt sein, ihnen Lichtempfindungen und Wahrnehmungen von Gegenständen zuzuerkennen.

Die Frage, ob die Würmer außer Helligkeitsempfindungen auch Farbenempfindungen haben, ist nicht so leicht zu beantworten. Die Versuche von Graber und Loeb haben gezeigt, daß die Würmer auf verschiedenfarbiges Licht auch verschieden reagieren, aber nicht nur Würmer mit, sondern auch Würmer ohne Augen. Ein Schluß von der verschiedenen Reaktion gegen verschiedenfarbiges Licht auf das Vorhandensein von Empfindungen verschiedener Farbenqualität ist also nicht gestattet. Anderseits könnte man daraus, daß die lichtempfindliche Schichte des Auges, nämlich die Farbschichte (wenigstens nach der photochemischen Farbentherorie), bei uns selbst sowohl für Helligkeits- als auch für Farbenunterschiede empfindlich ist, schließen, daß das auch bei den Würmern so sein wird. Ja man könnte ausgehend von der Erwägung, daß, wenn die Farbschichte für solche Unterschiede des Lichtreizes empfindlich ist, welche in der Empfindung die Helligkeitsgrade bedingen, nämlich Unterschiede in der Schwingungsweite der Ätherteilchen, sie auch empfindlich sein wird für solche Unterschiede des Lichtreizes, welche die Farbenunterschiede bedingen, nämlich die Unterschiede in der Schwingungszahl, geneigt sein, prinzipiell zu behaupten, daß Helligkeits- und Farbenempfindung eine gemeinsame Verrichtung aller Sehorgane ist. Dann freilich wäre es erklärlich, daß auch Würmer ohne Augen für Farbenunterschiede empfindlich sind, denn wenn das Protoplasma der Haut überhaupt für Lichtreize empfänglich ist, dann kann sie es sowohl für den Faktor des Reizes sein, der die Helligkeit, als auch für jenen, der die Farben bedingt.

Allerdings muß allem dem entgegengehalten werden, daß wir

die Beschaffenheit der lichtempfindlichen Substanz im Auge der Würmer nicht kennen und somit auch nicht wissen, ob sie gleiche Beschaffenheit mit der lichtempfindlichen Schichte unserer Augen hat, und daß wir somit auch keinen Schluß auf die gleichartige Empfindlichkeit ziehen sollen. Und selbst wenn die Beschaffenheit der lichtempfindlichen Substanz die gleiche wäre, so hängt ja das Vermögen der Farbenunterscheidung auch noch von der Übung ab. Tiere, die in einer einfärbigen Umgebung leben, werden trotz der gleichen Beschaffenheit der Pigmentschichte des Auges eine geringere Fähigkeit haben, Farben zu unterscheiden als Tiere, die in buntfarbiger Umgebung leben. Und endlich zeigt die Erfahrung an uns selbst, daß wir bei geschlossenen Augen zwar Helligkeits-, aber keine Farbenunterschiede wahrnehmen, daß also Helligkeits- und Farbenunterscheidung nicht unzertrennliche Fähigkeiten der lichtempfindlichen Substanz sind. Im allgemeinen also kann die Frage, ob die Würmer Empfindungen verschiedener Farbenqualitäten haben, nicht mit einiger Sicherheit beantwortet werden. Am ehesten dürfte es der Fall sein bei den Alciopiden, denen wir wegen ihrer hochentwickelten Augen ja auch Gestaltswahrnehmungen zugesprochen haben.

Graber ist auch der Frage näher getreten, ob Tiere, welche auf verschiedene Farben verschieden reagieren, auch Gefühlsregungen haben, und hat diese Frage auf Grund seiner Beobachtung, daß nämlich manche Tiere sich am roten, andere am blauen Teile des Lichtes ansammeln, bejaht. Dagegen läßt sich nichts einwenden, denn die Empfindung allein hätte ja für das Tier keinen Wert. Wenn aber die Empfindung entweder direkt oder dadurch, daß sich an sie ein Gefühl des Angenehmen oder Unangenehmen und an dieses ein Begehren als Bewegungsantrieb anschließt, eine Bewegung auslöst, die das Tier in die für sein Gedeihen nützlichere Farbe bringt, dann hat die Empfindung für das Tier einen Wert. Wenn aber Graber meint, daß wir über die Natur und Beschaffenheit dieser Gefühlsregungen nichts Näheres sagen dürfen, nämlich ob und inwieweit es sich hierbei um Lust- oder Unlustgefühle oder beide zugleich handelt, so können wir ihm nicht beistimmen. Natürlich können wir die Gefühle und sonstigen psychischen Tätigkeiten der Tiere nicht unmittelbar wahrnehmen und können sie daher auch nicht objektiv mit den unsrigen vergleichen. Allein was hätte es denn für einen Sinn, wenn wir sagen würden, die Würmer haben

Farbengefühle, aber ganz anderer Art als wir, so daß wir uns von ihnen gar keine Vorstellung machen können. Für unsere Erkenntnis wäre damit gar nichts gewonnen. Wenn wir daher behaupten, daß die Würmer und andere niedere Tiere Gefühl haben, so müssen wir auch zugeben, daß die sinnlichen Gefühle geradeso wie bei uns den polaren Gegensatz im Gefühlston, den Gegensatz von Angenehm und Unangenehm zeigen. Wir können auch behaupten, daß ein Tier, das gewöhnlich in weißem Tageslichte lebt, dafür ebenso gleichgültig sein wird wie wir, daß es aber, wenn es nun aus diesem Lichte in blaues oder rotes kommt, ein Gefühl haben wird, das ihm den Wert dieses neuen ungewohnten Lichtes für seinen Organismus angibt, wie es in ähnlichen Fällen bei uns selbst ja auch so ist.

Mit Wärmereizen wurden noch zu wenig Versuche angestellt, als daß wir daraus Schlüsse auf das Vorhandensein von Wärmeempfindungen ziehen könnten. Auch das bei einigen Würmern beobachtete Leuchten infolge der Einwirkung äußerer Reize ist noch zu wenig erforscht, als daß wir beurteilen könnten, ob es eine reine Reflexerscheinung oder mit Bewußtsein verbunden ist.

Über den Wert des Bewußtwerdens einzelner Lebenserscheinungen für das Tier haben wir das Nötige schon an geeigneter Stelle besprochen, es ist also nicht notwendig, diesem Erkennungsmittel des Psychischen einen eigenen Abschnitt zu widmen.

So hoch entwickelt auch das Nervensystem der Würmer relativ ist und so mannigfaltig die Lebenserscheinungen sind, so ist doch die Zahl der psychischen Erscheinungen noch gering und die Stufe des psychischen Lebens, auf der sie stehen, noch eine ziemlich tiefe. Von den Erscheinungen des Erkennens können wir ihnen nur einfache Geruchs-, Berührungs- und Helligkeitsempfindungen, ferner das Wahrnehmen von Gestalten und das Wiedererkennen von äußeren Gegenständen, von den Erscheinungen des Gefühles nur einfache Gefühle des Angenehmen und Unangenehmen, und endlich von den Erscheinungen des Begehrens nur einfache Begehrungen, erste Andeutungen des Nahrungs- und Geschlechtstriebes zuerkennen.

SCHLUSZ.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

Wir haben in den vorstehenden Kapiteln Tiere kennen gelernt, deren Körper schon eine ziemlich hoch aufsteigende Stufenreihe der Entwicklung zeigt, von der einfachen Protamoeba bis zu den Seesternen, Seeigeln und Ringelwürmern. Die Verrichtungen des Lebens sind von der ursprünglich alle Arbeit besorgenden Grundsubstanz der Protamoeba auf besondere Organe übergegangen, von denen wir dem Muskel- und Nervensystem besondere Aufmerksamkeit zugewendet haben. Wir haben gesehen, daß sich das Muskelsystem von den einfachen Anfängen der Myoide bei einigen Infusorien und der Epithelmuskelzellen bei den Hydroidpolypen schon bei den Schlauchtieren und noch mehr bei den Stachelhäutern und Würmern zu einem mächtigen, den ganzen Körper umfassenden Muskelsystem entwickelt hat und wir haben gesehen, wie das Nervensystem von den ersten Anfängen des geflechtartigen, aus einzelnen, nur lose miteinander in Verbindung stehenden, über den ganzen Körper zerstreuten Nervenzellen bestehenden Nervensystems ohne jede Lokalisation und Zentralisation und ohne nervöse Aufnahmsorgane für äußere Reize fortschritt zu dem schon hoch entwickelten, aus kompaktem Nervengewebe bestehenden und deutlich in zentrale und peripherische Teile geschiedenen, bestimmte Stellen am Körper einnehmenden Nervensystem mit spezifischen Aufnahmsorganen für bestimmte Reize, wie wir es bei den höheren Schlauchtieren, Stachelhäutern und Würmern gefunden haben.

Nervensystem und Muskelsystem, von Anfang an in innigster histologischer Verbindung, haben ihre ursprüngliche Aufgabe, die durch äußere Reize hervorgebrachten Erregungen von Zelle zu Zelle weiterzuleiten und Bewegungen auszulösen, durch die ganze Stufenleiter des Tierreiches beibehalten. Das Nervensystem erreicht

anfangs nicht die Körperoberfläche, besondere Sinneszellen zur Aufnahme des Reizes sind daher nicht vorhanden, ihre Stelle wird von dem äußeren Teile der Epithelmuskelzellen und von dem Cnidocil der Nesselzellen vertreten. Später erst treten Endorgane nervöser Natur auf, anfangs in Form einzelner zylindrischer oder spindelförmiger Zellen, Sinneszellen, die an der Oberfläche mit Flimmern oder Borsten besetzt sind und nach innen durch faserförmige Fortsätze mit dem Nervensystem in Verbindung stehen. Solche Zellen, anfänglich vereinzelt vorkommend, vereinen sich mit gewöhnlichen Ektoderm- oder Stützzellen zu einem ganzen Sinnesepithel und mit besonderen, zur Verstärkung und leichteren Aufnahme des Reizes dienenden Gebilden (Haaren, Pigmenten, Linsen, Konkrementen) zu Sinnesorganen. Sie dienen zur Aufnahme von mechanischen, thermischen, chemischen und optischen Reizen. Dasselbe Organ ist entweder zur Aufnahme von mehreren Reizen geeignet oder an eine besondere Reizart angepaßt, wenn das Tier eben dieser Reizart häufiger ausgesetzt ist als anderen; und je nach der Bedeutung des Reizes für das Leben des Tieres zeigt auch das Organ einen besonderen Grad der Entwicklung. Die Alciopiden z. B., die an der Oberfläche des Meeres leben und ihre Beute erjagen müssen, brauchen ein gutes, zur Gestaltwahrnehmung geeignetes Auge und haben es tatsächlich auch.

Zu dem ursprünglichen diffusen Nervengeflechte der Hydroidpolypen tritt schon bei den Medusen noch ein reichgegliedertes, an eine bestimmte Körperstelle gebundenes, lokalisiertes Zentralnervenorgan hinzu, das die Sammelstelle für sämtliche Reize ist, die an verschiedenen Stellen des Körpers eingreifen und aus diesen einzelnen Komponenten als Resultante einen einheitlichen Erregungszustand herstellt, der von dem Zentralorgan auf die mit ihm in Verbindung stehenden Teile des peripherischen Systems und von diesen auf die Muskulatur übergeht und die Zusammenziehung auslöst. Das geflechtartige Nervensystem dient bloß der Weiterleitung von Reizen, das lokalisierte und zentralisierte außerdem noch der Herstellung eines gleichmäßigen Erregungszustandes und dadurch der Auslösung rhythmischer, synchroner, den ganzen Körper in gleicher Weise ergreifender Bewegungen. Dadurch ist dem Organismus eine geregelte, von allen Zufälligkeiten unabhängige Bewegung und eben damit auch ein geregelter Ablauf der ganzen Lebenserscheinungen gesichert.

Wir haben auch die Lebenserscheinungen der niederen Tiere von der einfachsten Art bei der Protamoeba bis zu den komplizierten Erscheinungen bei den höheren Stachelhäutern und Würmern kennen gelernt. Aber so kompliziert sie auch sind, immer lassen sie sich auf dieselben Grundformen zurückführen, wie die der Protamoeba, nämlich 1. auf die Erscheinungen des Energiewechsels (spontane Bewegungen und Reaktionen auf äußere Reize), 2. Erscheinungen des Stoffwechsels (Aufnahme und Assimilation der Nahrung) und 3. Erscheinungen des Formwechsels (onto- und phylogenetische Anpassung, Wachstum und Vermehrung). Die Grundbedingung für die Erscheinungen aller drei Formen ist die Reizbarkeit der lebenden Substanz; sie allein hat es der lebenden Substanz ermöglicht, sich gegen äußere Reize zu erhalten, ihren Körper an sie anzupassen und sie zu ihrem Vorteil auszunützen. Ohne diese Grundeigenschaft wäre die lebende Substanz auf das Medium beschränkt geblieben, in dem sie zuerst auftrat, und es wäre ihr nie möglich gewesen, die hohe Entwicklung in histologischer und biologischer Beziehung zu erreichen, die sie tatsächlich erreicht hat.

Wir haben endlich in vollständig objektiver Weise auf Grundlage des tatsächlich Gegebenen mit Ausschluß jeder Spekulation und jeder subjektiven und vorgefaßten Meinung untersucht und beurteilt, ob und wo wir aus dem Körperbau und aus den Lebenserscheinungen einen Schluß auf das Vorhandensein von psychischen Erscheinungen ziehen dürfen. Freilich hat es sich gezeigt, daß unsere Kenntnis von dem Baue und den Lebenserscheinungen der niederen Tiere noch viele Lücken zeigt und daß insbesondere für den Zweck unserer Untersuchungen noch gar viel fehlt. Ich will zur Anregung für solche, die sich damit gerne befassen und dazu Gelegenheit haben, nur einiges andeuten:

1. Bau und Bedeutung des sogenannten Auges von Euglena viridis.
2. Untersuchungen über das Nervensystem der Spongien.
3. Beobachtungen über das Kriechen der Hydra.
4. Was geschieht, wenn bei Hydroidpolypen der Berührungsreiz unterbrochen wird, während sich die Tentakeln zur Berührungsstelle hinkrümmen?
5. Einwirkung von mechanischen Reizen, insbesondere Erschütterungen des Wassers und Veränderungen in der Lage des Körpers auf die Otolithenorgane der Ctenophoren.

6. Einwirkung von Schallreizen auf die sogenannten Gehörorgane der Medusen und Ctenophoren.

7. Beobachtungen über die Nahrungsaufnahme von Asterias glacialis, insbesondere über das Öffnen von Muscheln.

8. Beobachtungen über die Ausscheidung unverdauter Stoffe aus dem Körper bei Stachelhäutern (nur für Crinoiden findet sich eine Angabe darüber).

9. Bedeutung der sogenannten Augen der Seesterne.

10. Bedeutung der Sphäridien.

11. Beobachtungen über die sogenannten Bruterscheinungen bei Stachelhäutern, insbesondere bei Echinaster, Asterias und Asteracanthion.

12. Beobachtungen über die sogenannte Begattung bei Asterias gibbosa.

13. Versuche über den Bau und die Lichtempfindlichkeit der Augen bei Seesternen.

14. Versuche über den Bau und die Lichtempfindlichkeit der Augenflecke bei Synaptiden (fehlen vollständig).

15. Das Leuchten von Polynöe, Syllis, Chaetopterus, Polycirrus und Odontoglossis.

16. Einwirkung von thermischen Reizen auf verschiedene Würmer.

17. Untersuchung, ob die Kopfspalten, Kopffurchen und Cerebralorgane der Nemertinen Aufnahmsorgane für chemische Reize sind.

18. Beobachtungen über den Gehäusebau bei Terebella conchylega und Terebella figulus.

19. Versuche über die Bedeutung der Otolithenblase bei den Alciopiden.

20. Vergleichende Untersuchungen über den Bau und die Bedeutung der Otolithenorgane bei verschiedenen Tieren.

21. Versuche über die Bedeutung der Augen bei den Alciopiden, insbesondere zur Feststellung der Frage, ob sie zu Gestaltswahrnehmungen geeignet sind.

22. Versuche über den Schwellenwert, Unterschiedswert und Höhenwert des Reizes und über das Verhältnis der Reizstärke zur Reizwirkung bei verschiedenen Tieren.

Für den Aufbau einer entwicklungsgeschichtlichen Psychologie wäre es von der größten Wichtigkeit, festzustellen,

auf welcher Stufe des Tierreiches das erstemal Bewußtsein auftritt und welcher Art dieses Bewußtsein ist.

Die Frage, auf welcher Stufe des Tierreiches das erstemal Bewußtsein auftritt, wird sich mit voller Sicherheit niemals beantworten lassen, weil sich ja eben das Psychische in den Tieren unserer Erfahrung entzieht und wir für das Erkennen dieses Psychischen kein unfehlbar sicheres Mittel haben. Wir müssen uns mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit begnügen. Wir haben die erste Spur psychischen Lebens bei den Hydroidpolypen gefunden. Daß diese auch die ersten Tiere sind, bei denen ein Nervensystem mit Sicherheit nachgewiesen wurde, ist ein zufälliges Zusammentreffen. Denn von vornherein wäre es ja auch möglich gewesen, daß nicht bloß nervöse, sondern auch andere physiologische Vorgänge im Körper mit Bewußtsein verbunden sind oder daß Nerven schon bei Tieren auftreten, denen wir auf Grund des sonstigen Tatsachenmateriales kein Bewußtsein zusprechen können. Und wenn sich später herausstellen sollte, daß die Spongien tatsächlich schon Nerven haben, so würde das an unserem Urteil, daß ihnen kein Bewußtsein zukommt, nichts ändern. Soweit wir von dem Körperbau und den Lebenserscheinungen der niederen Tiere unterrichtet sind, haben wir gefunden, daß bei nervenlosen Tieren die Mitwirkung von Bewußtsein zur Erhaltung des Lebens nicht notwendig ist und daß bei den Hydroidpolypen, wo wir uns das erstemal veranlaßt sahen, zur Ausübung gewisser Lebenstätigkeiten des Tieres, nämlich zum Losreißen des Körpers von der Unterlage, an der sie eben festsitzen, die Mitwirkung von Bewußtsein anzunehmen, ein allerdings sehr einfach gebautes Nervensystem in Form eines über den ganzen Körper ausgebreiteten Netzes von Ganglienzellen vorkommt und wir haben auch gesehen, daß ein solches primitives Nervensystem hinreicht, um die an den einzelnen Körperstellen entstandenen Erregungszustände über den ganzen Körper zu verbreiten, als Resultante einen einheitlichen Erregungszustand herzustellen, ihn infolge der Verbindung des Nervensystems mit dem Muskelsystem eben diesem mitzuteilen und dadurch die notwendige Bewegung auszulösen. Das Bewußtsein ist gleich bei seinem ersten Auftreten von Vorgängen im Nervensystem begleitet und da keine durch einen besonderen Bau ausgezeichneten nervösen Zellgruppen, die man als Zentralorgan und als Sitz des Bewußtseins auffassen könnte, vorhanden sind, ergibt sich die Wahrscheinlichkeit,

daß das erste Bewußtsein nicht räumlich lokalisiert, sondern entsprechend dem netzartig über den ganzen Körper verbreiteten und zur Weiterleitung von Erregungszuständen über den ganzen Körper geeigneten Nervensystem eine Begleiterscheinung des ganzen beziehungsweise des eben in Tätigkeit begriffenen Teiles des Nervengeflechtes ist.

Wir haben auch gehört, welcher Art die erste Bewußtseinserscheinung ist. Weder die Empfindung noch ein Gefühl wäre für sich allein imstande, dem Tiere irgendeinen Vorteil bei der Ausübung seiner Lebenstätigkeiten zu gewähren, wohl aber ein Begehren. Die Empfindung allein könnte dem Tiere nur über die Art des Reizes, das Gefühl allein ihm nur über den Wert des Reizes für den Organismus Aufschluß geben; davon aber hätte das Tier nicht den geringsten Vorteil. Ein Begehren aber ist geeignet, wie ein Bewegungsantrieb zu wirken und zur Auslösung der zweckmäßigen Bewegung mitzuhelfen. Und da eben ein solcher Bewegungsantrieb schon für sich allein imstande ist, die in Frage stehende Bewegung auszulösen, sind wir nicht genötigt, schon auf der niedersten Stufe des psychischen Lebens das Zusammenwirken aller drei Grundformen psychischer Reaktion anzunehmen, sondern eben nur die Mitwirkung eines Begehrens. Dieses Ergebnis unserer Untersuchung wird auch dann richtig bleiben, wenn es sich herausstellen sollte, daß nicht bei den Hydroidpolypen, sondern schon auf einer früheren oder erst auf einer späteren Stufe des tierischen Lebens das erstemal Bewußtsein auftritt; wo immer es das erstemal erscheint, hat es nur in der Form eines Bewegung auslösenden Begehrens, in der Form eines bewußten Bewegungsantriebes Wert für den Organismus. Die Empfindung allein und das Gefühl allein ist für die Erhaltung des Organismus bedeutungslos.

Das erste Auftreten des Bewußtseins, einerlei, ob es tatsächlich bei den Hydroidpolypen oder erst auf einer späteren Stufe des Tierreiches in Erscheinung tritt, kann keinen anderen Zweck als alle anderen Lebenserscheinungen haben, nämlich irgendwelchen körperlichen Bedürfnissen des Tieres abzuhelfen und damit seiner Selbsterhaltung zu dienen. Die erste Regung psychischen Lebens in der von uns angenommenen Form, als Bewegungsantrieb, tritt uns nicht unvermittelt als etwas Unbegreifliches entgegen, sondern als eine Lebenserscheinung, die wie jede

andere ihre bescheidene und beschränkte Aufgabe im Dienste des gesamten Organismus zu erfüllen hat. Ist der Reiz schon für sich allein imstande, im Organismus eine zweckentsprechende Wirkung auszulösen, dann ist das Hinzutreten von Bewußtsein überflüssig. Das ist bei einfach gebauten Organismen der Fall. Bei etwas höher organisierten Wesen jedoch erfolgt die Auslösung von unbewußten Reflexen nicht mehr so leicht, denn je zusammengesetzter ein Organismus ist, desto leichter versagt er in irgendeiner Verrichtung und desto öfter ist das Eingreifen einer ordnenden und wieder antreibenden Kraft notwendig. Und wenn nun der durch den Reiz ausgelöste rein physiologische Antrieb zur nützlichen Bewegung als Begehren bewußt wird, so wird dadurch nicht nur die Wirkung des für sich allein zu schwachen Reizes verstärkt, sondern auch in die Bewegung mehr Ordnung gebracht, indem sie nämlich gerade dann ausgelöst wird, wenn sie für den Organismus von Vorteil ist. Das Begehren als erste Regung psychischen Lebens erweist sich somit als zweckmäßig zur Selbsterhaltung des Organismus und ist in dieser Beziehung gleichwertig mit den übrigen Lebenserscheinungen. Und daß die erste Regung psychischen Lebens zu physiologischen Vorgängen hinzutritt, die für sich allein, wenn sie stark genug wären, als Antrieb zu einer Bewegung wirken würden, macht unsere Annahme, daß jene erste Regung psychischen Lebens ein Begehren ist, desto wahrscheinlicher. Denn der physiologische Impuls ist ja auch Bewegungsantrieb und wird durch das Bewußtwerden in seiner Natur nicht geändert, wohl aber in seiner Wirkung verstärkt. Das Begehren in seiner primärsten Form ist also bewußtgewordener Bewegungsantrieb. Wir haben gehört, daß das Nervensystem sich noch nicht in Aufnahms-, Leitungs- und Zentralorgane differenziert hat und ebenso einfach wie das Nervensystem ist auch das psychische Leben dieser Tiere, es hat sich noch nicht differenziert in psychische Erscheinungen verschiedener Art, es spielt sich nur auf dem engen Boden von Bewegungsantrieben ab.

Allerdings könnte behauptet werden, daß auf der niedersten Stufe des psychischen Lebens zwischen Empfindung, Gefühl und Begehren kein prinzipieller Unterschied ist und derselbe Bewußtseinsakt sich nach der einen Seite als Empfindung, nach der andern als Gefühl oder Begehrung äußert, so daß es also nicht angeht, eine dieser drei psychischen Erscheinungsformen von den anderen zu

trennen und als etwas Selbständiges zu betrachten. Warum wir dieser Ansicht nicht beitreten, wird aus unseren Ausführungen hinreichend klar geworden sein. Unsere eigene Erfahrung sagt uns, daß Empfindung, Gefühl und Begehrung drei grundverschiedene Arten psychischer Tätigkeit sind und daß wir in uns selbst primäre Akte des Begehrens haben, die ohne jede psychische Veranlassung rein aus physiologischen Ursachen entsprungen sind, also ein vollkommen selbständiges von anderen psychischen Erscheinungen unabhängiges, Dasein haben. Und was wir an uns selbst beobachten, das dürfen wir, wenn hinreichende Gründe vorhanden sind, auch bei Tieren annehmen.

Nun könnte freilich die Frage entstehen, ob die erste Regung psychischen Lebens bei den Tieren wirklich in einer der Formen aufgetreten sein mag, die wir bei uns als primäre Formen psychischer Reaktion erkannt haben, oder in einer Form, die weder Empfindung, noch Gefühl, noch Begehren, sondern noch einfacherer, ursprünglicherer uns allerdings unbekannter Art ist, gleichsam die Stammform, aus der sich die uns bekannten Grundformen psychischer Reaktion, Empfindung, Gefühl und Begehren, erst entwickelt haben. Mit dieser Frage verlassen wir jedoch das Gebiet der Erfahrung; denn wir können bei den Tieren nur Seelenerscheinungen solcher Art erkennen, die wir selbst haben. Diese Frage ist auch unberechtigt, denn wir haben ja gesehen, daß dort, wo wir es das erstemal für notwendig fanden, das Eingreifen psychischer Erscheinungen anzunehmen, die Annahme eines primären Begehrens derselben Art, wie es bei uns selbst vorkommt, vollständig hinreicht, die Erscheinung, die durch das Mitwirken des Psychischen erklärt werden soll, auch wirklich zu erklären.

Daß wir den höher entwickelten Medusen die Mitwirkung von Bewußtsein bei der Aufnahme der Nahrung abgesprochen haben, während wir es den tiefer stehenden Hydroidpolypen zuerkannten, könnte leicht als ein Widerspruch erscheinen. Allein wir haben ja gehört, daß der Parallelismus zwischen Physiologischem und Psychischem bei uns schon kein vollständiger ist, indem nicht jedem Physiologischen ein Psychisches entspricht, so daß also das psychische Geschehen keine kontinuierliche, sondern eine intermittierende Reihe bildet. So wird es wohl auch bei den Tieren sein und deshalb müssen wir die Möglichkeit, daß den tiefer stehenden Polypen Bewußtsein zukommt, während es den höher stehenden Medusen fehlt,

zugestehen. Wenn tiefer stehende Tiere bei noch nicht vollkommener Anpassung an die Lebensverhältnisse im Kampfe ums Dasein durch das Eingreifen des Bewußtseins unterstützt werden, so ist das für sie von Vorteil. Sind die Tiere aber schon vollkommen angepaßt und werden ihnen eben vermöge ihrer höheren Entwicklung die Mittel geboten, alle die zum Leben nötigen Erscheinungen ohne Mithilfe des Bewußtseins herbeizuführen, dann ist eben für das Eingreifen von Bewußtsein kein Grund vorhanden gewesen.

Bei den Stachelhäutern haben wir schon ein höher entwickeltes Nervensystem kennen gelernt. Es sind Aufnahmsorgane für Reize verschiedener Art vorhanden, nämlich Augen, sogenannte Gehörbläschen und Epithelsinneszellen, letztere entweder vereinzelt oder zu ganzen Sinnesepithelien vereinigt. Es ist ferner ein peripherisches und ein zentrales Nervenorgan vorhanden. Die in den Aufnahmsorganen durch die Reize ausgelösten Erregungszustände werden durch die peripherischen Nerven zum zentralen Nervenringe fortgeleitet und hier zu einem einheitlichen Erregungszustand vereinigt. Dieser pflanzt sich durch die peripherischen Nerven zentrifugal zum Muskelsystem fort und löst die Bewegung aus. Verrichtung und Bau des Nervensystems für sich allein haben uns nicht veranlaßt, den Stachelhäutern Bewußtsein zuzusprechen, wohl aber eine Erscheinung, die bei der Aufnahme der Nahrung beobachtet worden ist, nämlich der Vorgang beim Öffnen der Muschelschale durch manche Seesterne. Gerät ein Seestern mit einer Muschelschale in Berührung, so setzen sich sofort einige Saugfüßchen an die Schale. Die Berührungsreize der Füßchen mit der Schale lösen in dem der Berührungsstelle zunächst gelegenen Teile des peripherischen Armnerven eine bestimmte Anzahl der Berührung der einzelnen Füßchen entsprechender Erregungszustände aus. Diese übertragen sich teils direkt, teils durch Vermittlung des Zentralorganes auf die Muskeln und lösen die Anheftungsbewegungen aus. Führen diese nicht zur Öffnung der Schale, so werden die Füßchen an anderen Stellen angesetzt, wodurch neue Erregungszustände entstehen, die eine ganze Reihe bilden und von denen der letzte doch zum Ziel, nämlich zum Öffnen der Schale führt, allerdings erst nach langem Hin- und Herversuchen. Der Zweck wird aber auf kürzerem Wege erreicht, wenn die einzelnen Erregungszustände der ganzen Reihe als Bewegungsantriebe bewußt werden und wenn sich nach mehrmaliger Wiederholung der erste Bewegungsantrieb, das ist der durch die

erste Berührung des Seesternes mit der Muschelschale entstehende, und der letzte Bewegungsantrieb, das ist der zum Öffnen der Schale führende, gedächtnismäßig miteinander verbinden, so daß, so oft der erste Bewegungsantrieb entsteht, auch der letzte sofort wiederkehrt und die zweckentsprechende Bewegung auslöst, während die Mittelglieder übersprungen werden. Wir haben somit hier das erste Mal eine Leistung des Gedächtnisses der allereinfachsten Art. Das Tier gewinnt dadurch einen Vorteil in der Erreichung seiner Nahrung. Das Eingreifen von Bewußtsein in das Leben des Tieres erweist sich somit auch hier als nützlich und findet eben dadurch seine natürliche Berechtigung.

Die Frage, in welchem Teile des Nervensystems bei den Stachelhäutern das Bewußtsein ausgelöst wird, beantwortet sich aus unserer Erklärung für das Eingreifen des Bewußtseins von selbst. Die vielen durch die Berührung der Füßchen mit der Muschelschale entstehenden peripherischen Erregungszustände werden zentripetal zum zentralen Nervenringe geleitet und hier zu einem einheitlichen Erregungszustand vereinigt. Dieser wird als Bewegungsantrieb bewußt; dieser Bewegungsantrieb wird aber nicht unmittelbar nach außen wirksam, sondern ruft erst gedächtnismäßig den früher schon mehrmals am Schlusse einer ganzen Bewegungsreihe stehenden Bewegungsantrieb samt dem betreffenden Erregungszustand hervor; dieser letztere pflanzt sich nun zentrifugal fort und löst im Muskel die zum Ziele führende Bewegung aus. Es sind also die zentralen Erregungszustände, die bewußt werden, und das Zentralorgan des Nervensystems ist somit nicht bloß Leitungs- und Sammelorgan für die vielen einzelnen Erregungszustände, sondern auch Organ des Bewußtseins. Damit übernimmt aber das Zentralorgan nicht etwa eine neue wunderbare Leistung, für die man vielleicht gar unbekannte und unerkennbare Strukturen annehmen müßte, sondern das Zentralorgan bleibt vor und nach dem Entstehen des Bewußtseins, was es war und nur irgendein Erregungszustand löst einerseits seine physiologische Wirkung auf rein physiologischem Wege aus, anderseits wird derselbe Erregungszustand, also derselbe chemisch-molekulare Zustand der Nervenmasse von einem bewußten Bewegungsantrieb begleitet. Besondere nervöse Organe für dieses Bewußtwerden von Bewegungsantrieben anzunehmen, ist nicht notwendig.

Bei den Seesternen fanden wir uns auch das erstemal

veranlaßt, das Vorhandensein von Empfindungen und Gefühlen anzunehmen. Der anatomische Bau der Aufnahmsorgane für äußere Reize allein hat uns nicht veranlaßt, ihnen die Vermittlung von bewußten Empfindungen zuzuschreiben. Anders aber ist es, wenn wir überlegen, ob der Gebrauch dieser Organe der Annahme von bewußten Empfindungen günstiger ist, und das ist tatsächlich der Fall. Denn das Hin- und Herwenden der Tentakeln und das Emporheben der die Augen tragenden Armspitze ist zweckmäßig, es erhöht die Möglichkeit, daß chemische, mechanische, thermische und optische Reize zur Einwirkung auf das Organ gelangen. Die Erregungszustände, welche diese Reize erzeugen, werden wie alle anderen zum Zentralorgane fortgeleitet und hier zu einem einheitlichen Erregungszustand vereinigt. Dieser pflanzt sich zentrifugal fort und löst in den Saugfüßchen gleichgerichtete, koordinierte Bewegungen aus. Nun fragt es sich, welchen Wert für das Tier das Bewußtwerden des zentralen Erregungszustandes hätte. Der Zweck könnte nur der sein, einen bewußten Bewegungsantrieb auszulösen und dadurch das Eintreten der koordinierten Bewegung selbst um so mehr zu sichern. Und das wieder könnte entweder so geschehen, daß der zentrale Erregungszustand direkt als Bewegungsantrieb bewußt wird oder daß zuerst eine Empfindung ausgelöst wird. Hätte die auszulösende Bewegung immer denselben Zweck und wäre also auch immer nur eine Art der Bewegung ohne Unterschied der Richtung und Stärke auszuführen, dann würde der bloße Antrieb zur Bewegung überhaupt genügen und die Mitwirkung einer Empfindung wäre überflüssig. Der Zweck und damit auch die eben auszuführende Art der Bewegung sind aber nicht immer dieselben, denn der Reiz soll ja das eine Mal ausgenützt, das andere Mal abgewehrt werden. Verschiedene Reize sollen also verschiedene Bewegungen auslösen und das wird eben erreicht, wenn die Auslösung des richtigen Bewegungsantriebes und damit auch der dem individuellen Bedürfnisse entsprechenden Bewegung durch eine Empfindung und ein Gefühl vermittelt wird. Die nach Qualität und Intensität verschiedenen Reize erzeugen zuerst ebenso nach Qualität und Intensität abgestufte Empfindungen; daran knüpft sich ein Gefühl der Lust oder Unlust je nach der Nützlichkeit oder Schädlichkeit des Reizes für den Organismus und jetzt erst folgt die zweckentsprechende Ausnützungs- oder Abwehrbewegung. Bilden sich nun zwischen

diesen drei Bewußtseinserscheinungen feste Assoziationen, so kann jedesmal, wenn ein bestimmter Reiz eine bestimmte Empfindung ausgelöst hat, auch das damit assoziierte Gefühl und der mit diesem Gefühl assoziierte Bewegungsantrieb entstehen. Die Ausbildung dieser Assoziation ist von Wichtigkeit. Denn das primitive Begehren als bloßer Bewegungsantrieb ohne bestimmte Richtung wäre ja nicht immer zweckmäßig, weil es dem Zufalle überlassen bliebe, ob die Bewegung dem Reize entspricht oder nicht. Die Empfindung allein ohne Gefühl, also ohne Hinweis darauf, ob der Reiz für den Organismus schädlich oder nützlich ist, und ohne die entsprechende Ausnützungs- oder Abwehrbewegung, hätte für das Tier gar keinen Wert. Ebensowenig das Gefühl allein ohne Bewegungsantrieb; denn das Gefühl allein, wenn es auch dem Tiere noch so klar sagen würde, daß der eben auf den Organismus einwirkende Reiz schädlich ist, würde doch nicht dazu führen, das Tier aus dem Bereiche dieses schädlichen Reizes zu bringen. Bilden sich aber zwischen der Empfindung, dem Gefühle und dem demselben Reize angepaßten zweckentsprechenden Bewegungsantriebe feste Assoziationen, dann wird der der jedesmaligen Qualität und Intensität des Reizes am besten entsprechende Bewegungsantrieb um so sicherer ausgelöst werden, und das Bewußtwerden der Intensitätsunterschiede von Reizen derselben Qualität, also z. B. von stärkerem oder schwächerem Licht oder von verschiedener Temperatur, wird auch geeignet sein, die Bewegung besser dem den jedesmaligen Bedürfnissen entsprechenden individuellen Zwecke anzupassen. Erfüllen die Empfindung und das Gefühl diesen Zweck der individuellen Anpassung der Bewegungen an Reize, welche der Qualität und Intensität nach verschiedene sind, so sind sie, wie jede andere Lebenserscheinung, geeignet, der Erhaltung des Tieres zu dienen und erhalten dadurch ihre Daseinsberechtigung.

Hat sich einmal die Reihe: Reiz, Empfindung, Gefühl, Bewegungsantrieb, Bewegung entwickelt, dann allerdings ist es möglich, daß eine Abkürzung eintritt, indem der Reiz entweder unmittelbar, ohne Bewußtsein, oder bloß durch Vermittlung einer Empfindung, also mit Überspringung des Gefühles und des Bewegungsantriebes eine Bewegung auslöst. Aber eine solche Abkürzung der Reihe kann nur eine Folge vielfacher Erfahrung sein, wenn sich dieselbe Reihe oftmals wiederholt hat; niemals kann die Empfindung allein gleich bei ihrem ersten Auftreten eine Bewegung ausgelöst haben.

Welcher Qualität diese Empfindungen sein mögen, darüber läßt sich nur durch einen Analogieschluß eine Vermutung aufstellen. Es wurde durch Versuche nachgewiesen, daß die Augen der Seesterne Lichtreize aufnehmen; da sie aber ihrem Bau zufolge für die Unterscheidung von Gestalten und wahrscheinlich auch Qualitäten nicht geeignet sein dürften, so ist es wahrscheinlich, daß sie Licht und Dunkelheit unterscheiden, geradeso wie ja auch wir durch das geschlossene Augenlid hindurch noch Licht und Dunkelheit wahrnehmen. Die Tentakeln sind empfindlich für mechanische, chemische und thermische Reize. Als spezifische Organe für chemische Reize können sie nach den Versuchen von Romanes und Graber nicht gelten, wohl aber als Organe für die Aufnahme von mechanischen und thermischen Reizen. Solche Reize entsprechen aber nach den Erfahrungen an uns selbst Berührungs- und Temperaturempfindungen. Damit stimmt die beobachtete Tatsache überein, daß die Seesterne für mechanische und thermische Reize äußerst empfindlich sind. Man könnte somit das Sinnesepithel der Tentakeln ähnlich wie unsere Haut als ein Pluralorgan betrachten, das sich zwar schon für die Aufnahme von verschiedenen Reizen und zur Vermittlung von generisch verschiedenen Empfindungsqualitäten angepaßt, sich aber noch nicht morphologisch differenziert hat.

Bei den Würmern erhebt sich das Seelenleben auf eine etwas höhere Stufe als bei den Polypen und Stachelhäutern; wir finden nicht nur einfache Empfindungen, Gefühle und Begehrungen, sondern auch Wahrnehmungen und Akte des Wiedererkennens.

Zunächst haben wir die Möglichkeit zugegeben, daß sich die Sinnesepithelien bereits in Aufnahmsorgane für mechanische und solche für chemische Reize differenziert haben und daß die Regungen dieser Organe mit Berührungs-, Temperatur-, Geruchs- und Geschmacksempfindungen verbunden sind. Ob die durch den chemischen Sinn vermittelten Empfindungen Geruchs- oder Geschmacksempfindungen sind oder beides, läßt sich nicht entscheiden. Daß er chemische Reize aufnimmt, die von Gegenständen aus weiterer Entfernung kommen, gibt ihm mehr Ähnlichkeit mit dem Geruchssinn; daß aber die Empfindung auslösenden Stoffe im Wasser löslich sein müssen, wie die schmeckbaren Stoffe im Speichel, gibt ihm mehr Ähnlichkeit mit dem Geschmackssinn. Es ist aber auch möglich, daß diesen Tieren beiderlei Empfindungsqualitäten, Geruch und Geschmack, zukommen. Denn weil die chemische Beschaffenheit der Reize verschieden ist,

dürfte auch die Qualität der Empfindungen verschieden sein. Jeden falls wird dieser Qualitätsunterschied nicht sehr groß sein, wie er ja auch beim Menschen nicht groß ist und Geruchsempfindungen mit Geschmacksempfindungen oft verwechselt werden.

Der Bau der Augen bei den Würmern läßt uns auf zweierlei Empfindungen schließen. Die Augen ohne lichtbrechenden Körper erzeugen bloß Helligkeitsempfindungen. Die Augen mit lichtbrechendem Körper jedoch, namentlich die am höchsten entwickelten Augen der Alciopiden, die schon alle Hauptbestandteile des menschlichen Auges haben, erzeugen auch Gestaltswahrnehmungen. Dafür spricht nicht nur der Bau des Auges, sondern auch die Art und Weise, wie diese Tiere ihre Nahrung erlangen, und endlich die Erwägung, daß Gesichtswahrnehmungen für die Tiere von größtem Vorteile sind. Da diese Gesichtswahrnehmungen verwertet werden, um die Beute zu erhaschen, muß diese von anderen Gegenständen unterschieden und wiedererkannt werden. Dieses Wiedererkennen ist jedoch nicht das Ergebnis einer besonderen, zu diesem Zwecke ausgeführten Vergleichung der gegenwärtigen Gesichtswahrnehmung mit dem Erinnerungsbilde einer früheren, sondern das Erkennen der Gleichartigkeit des Inhaltes der gegenwärtigen Wahrnehmung mit einer früheren ergibt sich unmittelbar beim Wechsel der Bewußtseinserscheinungen.

Alle diese Annahmen über das Vorhandensein von Empfindungen verschiedener Art bei den Würmern, die wir auf Grund des anatomischen Baues der Sinnesorgane und auf Grund verschiedener Lebenserscheinungen gemacht haben, werden bestätigt durch die Reizversuche. Auch sie ergaben, daß die meisten Würmer gegen chemische, mechanische und photische Reize sehr empfindlich sind. Die Empfindlichkeit für chemische Reize steht wie bei uns so auch bei den Würmern in nächster Beziehung zur stofflichen Beschaffenheit der Nahrung. Reize, die in keiner Beziehung zur stofflichen Beschaffenheit der Nahrung des Tieres stehen, sind weniger wirksam und gegen sie zeigen die Tiere eine große Anpassungsfähigkeit; hingegen sind sie gegen chemische Reize, wie sie von den Nahrungsmitteln ausgehen, sehr empfindlich. Und daß viele Würmer ihre Nahrung schon aus weiterer Entfernung wittern, spricht sehr für das Vorhandensein von Geruchs- oder Geschmacksempfindungen. Tiere, welche festsitzen und ihre Nahrung nicht suchen, sondern sie nur durch Herbeistrudelung mit dem Wasser erreichen, und Tiere, die

sie nur gelegentlich beim Herumkriechen finden, ohne sie aktiv zu suchen, hätten von Geruchsempfindungen keinen Vorteil. Anders ist es bei Tieren, die ihre Nahrung aktiv aufsuchen und sogar Jagd auf sie machen. Wenn bei solchen Tieren Reize aus größerer Entfernung, also zumeist Reize geringerer Stärke mit Empfindungen, Gefühlen und Bewegungsantrieben verbunden sind, so sind auch solche Reize imstande, Bewegungen zur Reizquelle, also zur Nahrung auszulösen und die Tiere erlangen dadurch eine größere Wahrscheinlichkeit, ihre Nahrung auch wirklich zu erreichen. Somit können wir sowohl aus dem Bau gewisser Aufnahmsorgane als auch aus den Lebenserscheinungen, dem Ergebnisse der Reizversuche und endlich auch aus der Erwägung, welchen Wert das Bewußtwerden des Reizes für das Tier hätte, schließen, daß bei manchen Würmern (Fadenwürmern, Schnurwürmern, Pfeilwürmern und Borstenfüßlern) die Erregungen gewisser chemischer Reize mit Empfindungen verbunden sind.

Ähnlich ist es auch bezüglich der mechanischen und photischen Reize, auch ihr Bewußtwerden als Empfindung wird durch die Reizversuche bestätigt. Ganz schwache mechanische und photische Reize, die für sich allein wirkungslos blieben, lösen eine Bewegung aus — vermutlich mit Hilfe von Berührungs- und Lichtempfindungen, den sie begleitenden Gefühlen und Bewegungsantrieben.

Da wir auf das Vorhandensein von Empfindungen verschiedener Art nicht bloß aus dem Bau, sondern auch aus den Lebenserscheinungen und namentlich den Reizversuchen und endlich auch aus der Erwägung, welchen Wert das Bewußtwerden des Reizes für das Tier haben kann, schließen können und somit der Schluß ein dreifach begründeter ist, ist das Vorhandensein dieser Empfindungen, wenn auch nicht gewiß, so doch in hohem Grade wahrscheinlich.

Die Versuche über die Empfindlichkeit der Würmer gegen Lichtreize haben uns auch veranlaßt, der Frage näher zu treten, ob die Würmer außer den Helligkeitsempfindungen auch Farbenempfindungen haben. Grundsätzlich könnte man geneigt sein, zu behaupten, daß Helligkeits- und Farbenunterscheidung eine gemeinsame Verrichtung aller Sehorgane und sogar der Lebenssubstanz überhaupt ist, sofern sie nämlich auf Lichtreize reagiert. Denn wenn die photochemische Substanz des Auges, das ist die Farbenschichte, und wenn das Protoplasma überhaupt für solche Unterschiede des Lichtreizes, welche in der Empfindung die Helligkeitsunterschiede

bedingen, nämlich für Unterschiede in der Schwingungsweite der Ätherteilchen empfindlich ist, wird sie, so könnte man behaupten, ebenso gut empfindlich sein für solche Unterschiede des Lichtreizes, welche die Farbenunterschiede bedingen, nämlich für Unterschiede in der Schwingungszahl der Ätherteilchen; dann allerdings müßte man nicht bloß Tieren mit Augen, sondern auch solchen ohne Augen, sofern bei ihnen Lichtreize überhaupt Empfindungen erzeugen, Farbenempfindungen zuerkennen. Allein manches spricht gegen diesen Schluß. Zunächst kennen wir ja die lichtempfindliche Substanz der Würmer nicht so genau, daß wir behaupten könnten, sie habe gleiche Beschaffenheit, also auch gleiche Empfindlichkeit wie die lichtempfindliche Substanz unserer Augen. Und dann hängt das Vermögen der Farbenunterscheidung auch von der Übung ab. Tiere, die in einer einfarbigen Umgebung leben, werden trotz der Lichtempfindlichkeit der Farbschichte eine geringere Fähigkeit haben, Farben zu unterscheiden als Tiere, die in buntfarbiger Umgebung leben. Und endlich zeigt die Erfahrung an uns selbst, daß wir bei geschlossenem Auge zwar Helligkeits-, aber keine Farbenunterschiede wahrnehmen, daß also Helligkeits- und Farbenunterscheidung nicht unzertrennliche Fähigkeiten der lichtempfindlichen Substanz sind. Im allgemeinen also kann die Frage, ob die Würmer Empfindungen verschiedener Farbenqualitäten haben, nicht mit einiger Sicherheit beantwortet werden. Am ehesten könnte es bei den Alciopiden der Fall sein, denen wir wegen ihrer hoch entwickelten Augen ja auch Gestaltswahrnehmungen zugesprochen haben.

Die Frage, ob die Gestaltswahrnehmung an bestimmte Teile des Nervensystems gebunden ist, kann jetzt noch nicht beantwortet werden, weil Untersuchungen darüber noch nicht angestellt worden sind.

Diese Empfindungen verschiedener Art sind jedenfalls auch mit Gefühlen verbunden, denn erst durch sie erlangen sie die Fähigkeit, zweckentsprechende Bewegungsantriebe auszulösen, die den für den Organismus vorteilhaften Reiz ausnützen oder den schädlichen Reiz abwehren. Bei Gelegenheit der Frage, ob die etwaigen Farbenempfindungen mit Gefühlen verbunden sind, wurde auch die Frage berührt, ob diese Gefühle den polaren Gegensatz von Lust und Unlust zeigen wie bei uns. Graber meint, daß wir über die Natur dieses Gefühles nichts Näheres wissen und also auch nicht sagen können, daß es Lust- und Unlustgefühle sind. Aber wir haben schon wiederholt erwähnt, daß wir an den Tieren

keine anderen Seelenerscheinungen erkennen können als bei uns, und wenn wir den Würmern Farbengefühle oder Gefühle überhaupt zuschreiben, so müssen wir auch zugeben, daß diese Gefühle geradeso wie bei uns den polaren Gegensatz im Gefühlston, den Gegensatz von Angenehm und Unangenehm zeigen. Den Tieren einerseits Gefühle zuschreiben, anderseits aber behaupten, daß wir über die Natur dieser Gefühle nichts Näheres wissen können, hat für unsere Erkenntnis keinen Wert.

Das Eingreifen von Bewußtsein haben wir ferner bei den Vorgängen der Begattung für möglich gehalten. Der Reiz, der durch den Druck der reifen Geschlechtsprodukte hervorgerufen wird, bewirkt ein triebartiges Begehren, also eine erste Andeutung des Geschlechtstriebes, und dieses gibt den ersten Anstoß zur Ortsbewegung; dieser wird unterstützt von Empfindungen, welche von chemischen, durch die Geschlechtsprodukte hervorgebrachten Reizen veranlaßt werden und zur gegenseitigen Auffindung der Geschlechter führen; er wird ferner unterstützt von Berührungsempfindungen, die zu den verschiedenen Greifbewegungen, zur Vereinigung der Körper und der Geschlechtsorgane führen. Das Mitwirken des Bewußtseins hat einzig und allein die Aufgabe, das Eintreten der Erscheinungsreihe zu sichern und ihren Ablauf zu regeln. Dazu genügen primitive Seelenerscheinungen der Art, wie wir sie eben angenommen haben; das Eingreifen von höherer Seelentätigkeit, wie gegenseitiges Erkennen des Geschlechtes, Geschlechtsliebe, Wollustgefühle usw. anzunehmen, ist nicht notwendig.

Auch zur Erklärung der Erscheinungen, die sich bei der Ablage der Eier zeigen, ist es nicht notwendig, höhere Seelenerscheinungen anzunehmen; wie bei der Begattung genügt auch hier die Annahme, daß der Druck der Eier Körperempfindungen und mit diesen ein Gefühl des Unangenehmen und ein Begehren, sich davon zu befreien, erzeugt, das die entsprechenden Bewegungen auslöst. Das Eingreifen von Bewußtsein hat auch hier keinen andern Zweck, als den regelmäßigen Ablauf der ganzen Erscheinungsreihe besser zu sichern, als dies durch bloße physiologische Erregungen möglich wäre.

Wir haben nun schon gehört, daß mannigfache Reize, teils innere physiologische Vorgänge im Körper, teils äußere Berührungen des Körpers mit dem Medium, mechanische, chemische, thermische und photische Reize verschiedenartige Empfindungen, sowohl Körper- als auch Sinnesempfindungen und selbst Gestaltswahrnehmungen aus-

lösen. Diese Empfindungen und Wahrnehmungen im Verein mit den sich daran schließenden Bewegungsantrieben sind psychische Veranlassungen für verschiedenartige Bewegungen. Und wechseln jene Reize in bunter Mannigfaltigkeit ab, so machen die Bewegungen ganz den Eindruck der Willkürlichkeit. In Wirklichkeit aber sind sie unwillkürlich, denn sie haben zwar eine psychische Veranlassung, aber es geht ihnen keine Vorstellung der Bewegung selbst und keine bestimmte Absicht, eben diese Bewegung auszuführen, voraus. Diese Bewegungen gehören somit in die Gruppe der Ausdrucksbewegungen.

So hochentwickelt auch das Nervensystem der Würmer schon ist und so mannigfaltig die Lebenserscheinungen sind, so ist doch die Zahl der psychischen Erscheinungen noch eine geringe und die Stufe des psychischen Lebens, auf der diese Tiere stehen, noch eine ziemlich tiefe. Von den Erscheinungen des Erkennens können wir ihnen nur einfache Körper- und einfache Sinnesempfindungen, nämlich Berührungs-, Geruchs- oder Geschmacks- und Lichtempfindungen, ferner das Wahrnehmen von Gestalten und das Wiedererkennen von äußeren Gegenständen, von den Erscheinungen des Gefühles nur einfache Gefühle des Angenehmen und Unangenehmen und endlich von den Erscheinungen des Begehrens nur einfache Begehrungen, erste Andeutungen des Nahrungs- und Geschlechtstriebes zuerkennen.

Somit haben wir bei den Tieren, die wir besprochen haben, folgende psychische Erscheinungen gefunden:

I. Von den Erscheinungen des Erkennens:

1. Empfindungen, und zwar: *a*) Körperempfindungen, veranlaßt durch physiologische innere Reize; *b*) Sinnesempfindungen, veranlaßt durch physikalische äußere Reize:
   α) Berührungs-, *β*) Temperatur-, *γ*) Geruchs-, *δ*) Geschmacks-, *ε*) Helligkeitsempfindungen;
2. Assoziationen von Empfindungen mit Gefühlen und Begehrungen sowie Assoziationen von Bewegungsantrieben untereinander;
3. Wahrnehmungen von Gestalten;
4. Akte des Wiedererkennens.

II. Von den Erscheinungen des Fühlens:

Einfache Gefühle, die sich sowohl an Körper- als auch an Sinnesempfindungen anknüpfen.

III. Von den Erscheinungen des Begehrens:
Einfache Begehrungen als Bewegungsantriebe und als erste Andeutung eines Nahrungs- und Geschlechtstriebes.

Die primärsten Erscheinungen sind Begehrungen als Bewegungsantriebe, sie sind die unbedingt ersten Regungen psychischen Lebens. Dann folgen Assoziationen von Bewegungsantrieben. Noch weiter Empfindungen zugleich mit Gefühlen und Begehrungen und endlich Wahrnehmungen und Akte des Wiedererkennens. Auf eine höhere Stufe erhebt sich das Seelenleben dieser Tiere nicht, es bewegt sich innerhalb enger Grenzen und zeigt eine große Beschränktheit. Die ungemein bunte Mannigfaltigkeit von Bewegungen löst sich bei näherer Untersuchung in Reflex-, Impulsiv-, automatische und Ausdrucksbewegungen auf, die sämtlich unbewußt erfolgen, wenn auch bei der Auslösung der letzteren Bewußtseinserscheinungen mitwirken. Dieses Ergebnis wird durch weitere Untersuchungen und durch die Vervollständigung des zoologischen und biologischen Untersuchungsmateriales nicht bedeutend geändert werden. Vielleicht ergibt sich, daß das Bewußtsein bereits auf einer früheren oder erst auf einer späteren Stufe des Tierreiches auftritt als wir gefunden haben, und es ist möglich, daß durch eigens zu diesem Zwecke angestellte Versuche die Sinneswerkzeuge und ihre Verrichtungen und damit auch die durch sie ausgelösten Empfindungen verschiedener Art besser erkannt werden. Aber immer wird in Geltung bleiben, daß die erste Regung psychischen Lebens als Begehrung, als Bewegungsantrieb auftritt und daß sich das Seelenleben der besprochenen Tiere auf keine höhere Stufe erhebt, als wir gefunden haben.

Nun läge die Versuchung nahe, einen Schritt in das Gebiet der Psychogenesis des Menschen zu machen und zu erwägen, ob sich das Seelenleben des einzelnen Menschen von ähnlichen Anfängen an entwickelt wie das der Tiere, ob also das biogenetische Grundgesetz nicht nur für die körperliche, sondern auch für die geistige Entwicklung gilt. Allein damit betreten wir einen noch sehr unsicheren Boden. Denn in das Gebiet der psychogenetischen Untersuchungen gehört nicht nur das Seelenleben des Kindes nach, sondern auch das vor der Geburt, und gerade das letztere ist noch gar nicht erforscht. Zwar schreibt Preyer[1]) dem

[1]) Preyer, Spezielle Physiologie des Embryo, Leipzig 1885.

